



Pino romerón

[*Retrophyllum rospiglosii*
(Pilger) C.N. Page]

*Especie nativa potencial para la reforestación
en zonas altoandinas de Colombia*

Pino romerón

[*Retrophyllum rospiglosii*
(Pilger) C.N. Page]

*Especie nativa potencial para
la reforestación en zonas
altoandinas de Colombia*

Esta publicación forma parte de los productos que se generaron durante la ejecución del proyecto “Investigación en semillas forestales y mejoramiento genético como respaldo al Certificado de Incentivo Forestal–CIF” en el marco del convenio suscrito entre el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural–MADR y la Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal–CONIF® ejecutado en asocio con el Colegio Integrado Nacional Oriente de Caldas–CINOC.

© Todos los derechos reservados. Apartes de los textos pueden ser reproducidos, siempre que se cite claramente la fuente. Su reproducción total debe ser autorizada por el MADR, CONIF® y CINOC.

Cítese como: Cueva MN., Vélez DF, Barrios TA y Nieto RV. (2013). Pino romerón [*Retrophyllum rospigliosii* (Pilger) C.N. Page], especie nativa potencial para la reforestación en zonas altoandinas de Colombia. Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal (CONIF®)–Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR)–Colegio Integrado Nacional Oriente de Caldas (CINOC). Bogotá D.C., Colombia. 2010. 47 p.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural-MADR

Ministro

Juan Camilo Restrepo Salazar

Viceministro

Ricardo Sánchez López

Dirección Cadenas Productivas

Profesional Especializado

Nelson Lozano Castro

Corporación Nacional de Investigación Forestal-CONIF®

Director Ejecutivo

Luis Enrique Vega González

Directora Administrativa-Financiera

Laura Soraya Parada Carvajal

Colegio Integrado Nacional Oriente de Caldas-IES-CINOC

Rectora

Gloria María Hoyos Giraldo

Vicerrector

Fernando Ardila Galindo

Director de la Granja

Jesús Arturo Galindo Pérez

Textos técnicos

Nixon Cueva Márquez, CINOC

Diego Fernando Vélez Sánchez, CONIF

Alonso Barrios Trilleras, CONIF

Víctor Manuel Nieto Rodríguez, CONIF

Colaboradores

Josué Moreno Grisales

Laura Andrea Lozano Rodríguez

María Fernanda Garrido Llanos

Diana Cristina Murillo

Alfonso Ramírez Gómez

Fotografías

Nixon Cueva Márquez, CINOC

Josué Moreno, CINOC

Víctor Manuel Nieto R. - CONIF®

Diego Fernando Vélez S. - CONIF®

Diseño carátula

Pendclips Publicidad & Diseño

Diagramación

Doris Stella Liscano Quevedo

Revisión técnica y corrección de textos

Luis Enrique Vega González

Doris Stella Liscano Quevedo

Impresión

InterSolugráficas Ltda.

ISBN: 978-958-99597-3-2

Primera Edición, 2011

CONIF®

Bogotá D.C., Colombia

Contenido

Introducción	7
Generalidades de la familia Podocarpaceae.....	9
El pino romerón.....	11
Notas taxonómicas.....	11
Nombres vernáculos.....	11
Descripción	11
Distribución geográfica	15
Ecología.....	15
Madera	20
Silvicultura	23
Recolección de frutos y obtención de semillas.....	23
Sistemas de plantación	29
Crecimiento de la especie en plantación	34
Altura en función del diámetro.....	34
Volumen de árboles individuales	34
Modelo de crecimiento y rendimiento	35
Función de altura de árboles dominantes.....	35
Función de mortalidad natural.....	36
Sistema de proyección de área basal.....	36
Función de volumen total agregada	37
Crecimiento en volumen	37
Usos de la especie	38
Productos forestales maderables.....	38
Productos forestales no maderables.....	41
Otros usos.....	41
Literatura consultada	43





Plántulas de *Retrophyllum rospiglosii* en el vivero de Pensilvania, Caldas

Introducción

Desde hace tiempo, la identificación, caracterización y manejo de especies forestales con fines comerciales o de manejo ambiental es una tarea permanente en el sector forestal. La gran diversidad de especies nativas e introducidas que crecen en nuestro país genera un abanico amplio de opciones sobre las cuales pueden darse procesos de plantación exitosos.

No obstante esta gran diversidad, para la zona alto Andina arriba de los 2.500 msnm, no existen, hasta ahora, muchas especies que ofrezcan posibilidades de uso exitoso en reforestación. De las pocas alternativas de especies nativas que han mostrado potencialidad de uso se destaca el pino colombiano [*Retrophyllum rospigliosii* (Pilger) C.N. Page] por su rápido crecimiento, capacidad de adaptación a diferentes ambientes y, sobre todo por la posibilidad de uso de su madera.

El pino colombiano ha llamado la atención de los silvicultores por sobresalir en condiciones del bosque natural, y por su buen crecimiento y gran plasticidad para ajustarse bien a diferentes asociaciones de especies.

Desde 1998, cuando Marín A. realizó la primera recopilación de información de la especie en el país complementada con acciones de caracterización e investigación, muchos otros autores han tratado de generar nuevos registros. En el año 2005, la alianza entre el Colegio Integrado Nacional Oriente de Caldas-CINOC y la Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal-CONIF® logran el establecimiento y seguimiento permanente de algunas parcelas experimentales orientadas a contribuir al conocimiento de la silvicultura de la especie y generar mecanismos de compilación y conservación del recurso genético existente en el país.



Esta publicación compila gran parte de esta información, abordando aspectos de silvicultura, propagación, manejo y crecimiento de la especie ahondando en lineamientos de la trabajabilidad de la madera.

Esperamos que esta información contribuya a la construcción de una información local de utilidad.



Panorámica de una plantación pura de *Retrophyllum rospigliosii* en Pensilvania, Caldas

Generalidades de la familia Podocarpaceae

Podocarpaceae es una de las familias de coníferas más diversas. Presenta 18 géneros y cerca de 173 especies. Se distribuye en tres áreas geográficas del planeta: la primera corresponde a Japón (zona sur), China, Nepal y Sumatra hasta Australia, incluyendo Tasmania, Nueva Zelanda, Islas Fiji y Filipinas; la segunda comprende el sur de África y Madagascar; y la tercera a Centro y Suramérica incluyendo las Antillas (figura 1).

Esta familia se originó durante el Triásico–Jurásico en Gondwana. Actualmente la diversidad de géneros se encuentra en Malasia y Oceanía, y en Nueva Caledonia (ocho géneros); Nueva Zelanda (ocho géneros); Tasmania (cinco géneros); y en Sur y Centro América donde presenta menos dispersión con cinco géneros (Duarte, 1973; Kelch, 1997 y 1998; Becerra et al., 2002; Sinclair

et al., 2002; Quinn y Price, 2003; Barker et al., 2004; Vásquez, 2010).

En Centro y Suramérica se encuentra representada por los géneros: 1) *Podocarpus*, representado por las especies: *P. nubigenus*, *P. glomeratus*, *P. lambertii*, *P. parlatorei*, *P. salignus*, *P. sellowii*, *P. sprucei*, *P. transiens*, *P. oleifolius*, *P. pendulifolius*, *P. tepuiensis*, *P. coriaceus*, *P. matudae*, *P. rusbyi*, *P. salicifolius*, *P. steyermarkii*, *P. angustifolius*, *P. aristulatus*, *P. buchholzii*, *P. roraimae*, *P. urbanii*, *P. brasiliensis*, *P. celatus*, *P. guatemalensis*, *P. magnifolius*, *P. purdieanus*, *P. trinitensis*. 2) *Prumnopitys*, representado por las especies: *P. andina*, *P. exigua*, *P. harmsiana*, *P. montana*, *P. standleyi*. 3) *Retrophyllum*, representado por las especies: *R. piresii*, *R. rospigliosii*. 4) *Lepidothamnus*, representado por la especie *L. fonkii*. 5) *Saxegothaea*, género que sólo tiene una especie: *S. conspicua*.

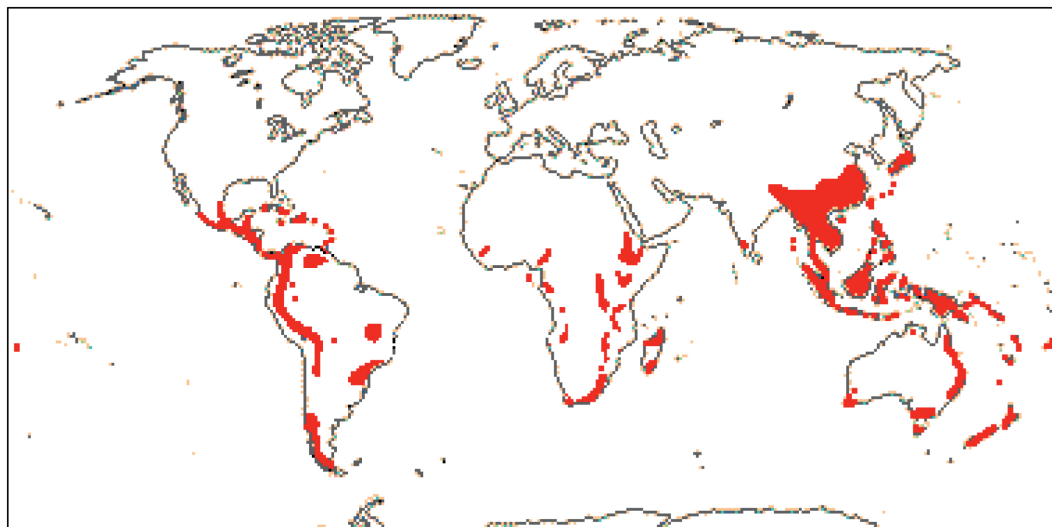


Figura 1. Distribución natural mundial de la familia Podocarpaceae (Missouri Botanical Garden, 2011)

Fuente: Cueva Márquez

Las especies de Podocarpaceae del neotrópico se caracterizan por ser de tipo arbórea formando parte del dosel del bosque maduro, salvo algunas que crecen en forma arbustiva en suelos poco fértiles como *P. tepuiensis*, *P. sprucei* y *P. buchholzi* (Dalling *et al.*, 2011).

En Colombia existen tres géneros que agrupan ocho especies. El género *Podocarpus* con las especies: *Podocarpus oleifolius* D. Don ex Lambert; *Podocarpus oleifolius* var. *macrostachyus* (Parl.) Buchholz y Gray; *Podocarpus magnifolius* Buchholz y Gray; *Podocarpus guatemalensis* Standley; *Podocarpus guatemalensis* var. *allenii* (Standley) Bucholz y Gray. El género *Prumnopitys* presenta a las especies: *Prumnopitys montana* (Humb. & Bonpl. Ex Wild) de Laubenfels y *Prumnopitys harmsiana* (Pilger) de Laubenfels. El género *Retrophyllum* presenta a la especie: *Retrophyllum rospigliosii* (Pilger) C.N. Page.

Los registros fósiles en el Neotrópico indican la presencia de las podocarpáceas en el norte de Suramérica por lo menos desde el Eoceno tardío al Oligoceno (van der Hammen y Hooghiemstra, 2000). La distribución de estas especies en el Neotrópico han estado condicionadas a eventos geológicos recientes, como el surgimiento de la cordillera de los Andes, lo cual originó hábitats montañosos hace 15 millones de años y culminó con la rápida elevación de la cordillera Oriental durante el Plioceno hace 2 a 5 millones de años (Dalling, *et al.*, 2011). En el Plioceno según registros de sedimentos, las principales especies en los bosques del norte de los Andes fueron los taxones montanos

Weinmannia (Cunoniaceae) y *Podocarpus* (Dalling *et al.*, 2011).

La formación de Panamá creó un puente terrestre que permitió la migración de las podocarpáceas hacia América Central, así como el ingreso de nuevas especies a Suramérica. Registros fósiles en la cordillera Oriental de los Andes muestran que entre el Plioceno tardío y el Holoceno, las podocarpáceas se encontraban dentro de los taxones más importantes en los bosques del norte de los Andes (Dalling *et al.*, 2011).

Por otra parte, las fluctuaciones de temperatura asociadas con los ciclos glaciales, pudieron, de alguna manera, originar cambios altitudinales en las poblaciones de podocarpáceas, pues se han encontrado registros fósiles de polen del Pleistoceno en múltiples sitios de baja elevación (Behling, 1996; Dalling *et al.*, 2011).

En Suramérica la mayoría de las especies de podocarpáceas se encuentran distribuidas a lo largo del norte y oeste de la cordillera de los Andes y en el escudo de Guayana. Algunas de estas se distribuyen ampliamente a lo largo de los Andes, como *P. parlatorei* que se encuentra desde el sur hasta Bolivia, y *P. oleifolius* que se localiza en Perú, Ecuador y Colombia. Sin embargo, la mayoría de las especies muestran rangos de distribución más restrictivos y múltiples poblaciones fragmentadas que pueden sugerir una especialización en el hábitat o una distribución de refugio (Dalling *et al.*, 2011).

El pino romerón

Retrophyllum rospigliosii (Pilger) C. N. Page,
(Page, 1989).

Notas taxonómicas

Sinónimos: *Podocarpus rospigliosii* Pilger 1923; *Decussocarpus rospigliosii* (Pilg.) de Laub. 1969; *Nageia rospigliosii* (Pilg.) de Laub. 1987 (Farjon, 1998).

Nombres vernáculos

Bolivia: uculmano o pino de monte (Zenteno-Ruíz). Colombia: pino romerón, pino colombiano, chaquiro, pino de pacho, romerón de montaña (SIB, 2010), pino criollo, pino hayuelo (SIG-PAFC, 1997). Ecuador: romerillo, romerillo fino, romerillo azuceno y romerillo blanco (CABI, 2000). Perú: romerillo macho (Zevallos, 1988). Venezuela: pino laso, pinabete y pino real (Veillon, 1962). UICN: pino hayuelo, pino romero, diablo fuerte, pino real, pino de monte, romerillo fino, romerillo rojo, saucecillo (UICN, 2013).

Descripción

Árbol perennifolio, que puede alcanzar 45 m de altura y entre 1 y 2 m de diámetro; tronco liso, normalmente recto y cilíndrico, sin ramificaciones ni nudos hasta alturas entre 20 y 28 m; presenta una copa aparasolada bien ramificada y extendida, con follaje verde lustroso (figura 2). Su madera es de color café amarillenta, corteza lisa, de color gris negruzco, con grandes escamas (Torres, 1988); en edad avanzada, su corteza es escamosa (Lamprecht, 1990) (figura 3).

Sus hojas son simples, ovadolanceoladas, coriáceas, subopuestas sobre las ramas, sé-



Figura 2. Árbol de *Retrophyllum rospigliosii*



Figura 3. Corteza árbol adulto de *R. rospiglosii*

siles, dispuestas en dos hileras en un mismo plano, dísticas, nervadura media con mayor amplitud en la cara inferior; las hojas de los extremos de las ramas miden de 8 a 14 mm de longitud y de 3 a 5 mm de ancho, las más basales de 15 a 22 mm de longitud y 5 mm de ancho en promedio, mientras que las hojas de las ramas inferiores van de 13 a 23 mm de longitud por 3 a 5 mm de ancho, agudas y adelgazadas hacia los bordes (Torres, 1988; Zenteno, 2007) (figuras 4 y 5).

Es una especie dioica, con estróbilos políníferos de 10 mm de longitud x 2.5 mm de diámetro, solitarios o dispuestos en grupos de tres, en los ápices de pedúnculos tanto terminal como lateral de ramas normales. Estróbilo terminal subtendido por varias parejas de escamas decusadas. Estambres numerosos imbricados, cordiformes, agudos, con dos sacos polínicos (Torres, 1988) (figura 6).



Figura 4. Hojas de *Retrophyllum rospiglosii*

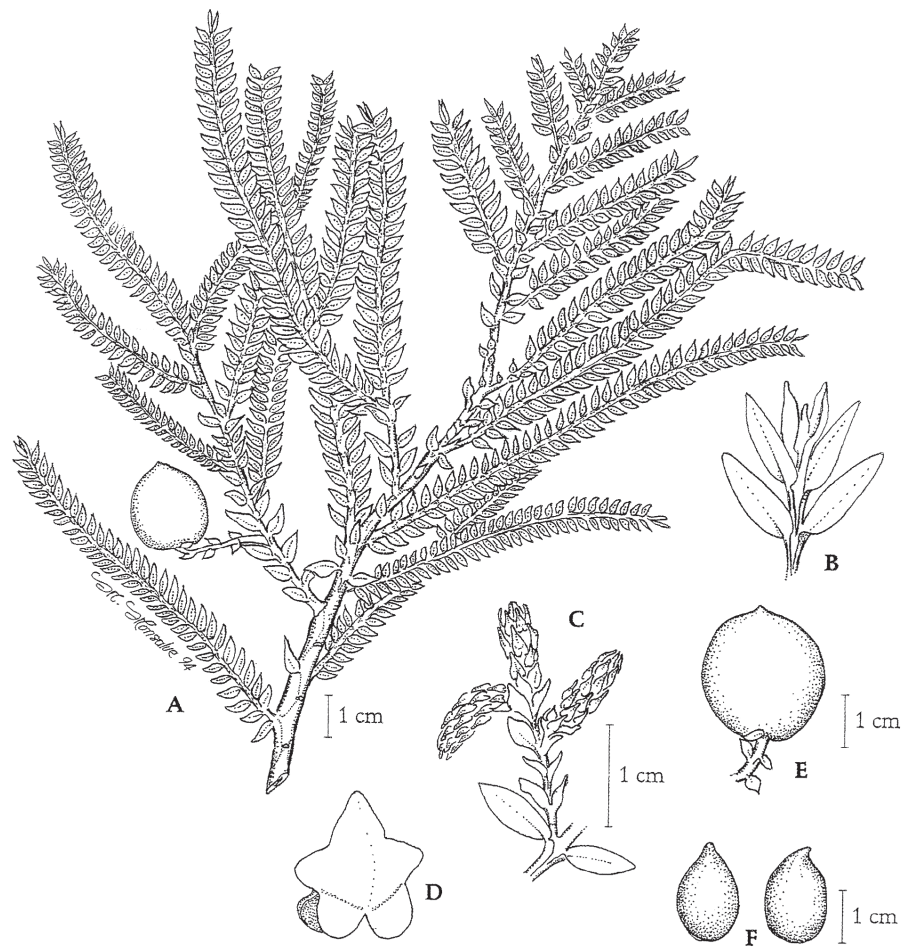


Figura 5. *R. rospiglosii* (Pilg.) C.N. Page. A, hábito; B, yema terminal; c, estrobilo masculino; d, antera; E, fruto; F, semilla.
Fuente: A, B, E y F de A. Marín No.056 y C, D de A. Marín No.55.



Figura 6. Conos masculinos de *R. rospiglosii*

Fruto en drupa, oviforme y carnoso, situado en la axila de una bráctea subterminal oval de 4 a 5 mm de longitud y 3 mm de ancho aproximadamente, persistente y adherida a su base, por lo que cae con la semilla. El fruto es de 25 a 30 mm de longitud y de 12 a 20 mm de ancho, de testa carnosa en la parte externa y dura en la parte interna, con un espesor de aproximadamente 10 mm; de color variable, de azul oscuro a rojo oscuro cuando está maduro y amarillo verdoso en estado inmaduro (Torres, 1988) (figura 7).

La semilla es ovoide de 20 a 30 mm de longitud y de 12 a 18 mm de ancho, con base obtusa, micrópilo agudo y cresta (Torres, 1988) (figura 8). Fructifica abundantemente

cada 4 o 6 años y poco o nada en los periodos intermedios (Lamprecht, 1990).

De acuerdo con Lamprecht y Liscano (1957) y Lamprecht (1990), la producción de semillas de *R. rospigliosii* es cercana a 200 frutos frescos y 230 semillas/kilogramo; por su parte, Rodríguez y Peña (1984) reportan de 250 a 400 semillas/kilogramo.

En estudios desarrollados en el IES-CINOC en Pensilvania, Caldas, reportan 520 semillas/kilogramo para procedencias locales (tabla 1). Se encontró que el tamaño de la semilla puede estar directamente relacionado con la procedencia y la madurez fenológica de los árboles semilleros; de igual forma se



Figura 7. Frutos de *R. rospigliosii*



Figura 8. Semillas de *R. rospigliosii*

Tabla 1. Comparación de tamaño de semillas de *R. rospigliosii* de procedencias nacionales en los ensayos establecidos en Pensilvania, Caldas

LOTE	FUENTE	EDAD DE LA FUENTE (años)	TAMAÑO	LONGITUD (cm)	PESO (semilla/gramo)	CANTIDAD (semilla/kilo)
			DIÁMETRO (cm)			
1	Tona, Santander	50	1,7	2,5	3,8	282
2	Pensilvania, Caldas	14	1,4	2,3	1,9	520

Fuente: IES-CINOC

ha determinado que para el establecimiento de una hectárea de plantación se requiere 3.5 kilogramos de semilla.

Distribución Geográfica

Esta especie se distribuye naturalmente en el bosque de montaña a altitudes entre 1.470 y 3.300 msnm (Mozo, 1972; Lamprecht, 1990; Mahecha *et al.*, 2004); se reporta en Bolivia, Colombia, Perú y Venezuela.

En Colombia se han observado ejemplares de *Retrophyllum* en las cordilleras Occidental, Central y Oriental de los Andes, en los departamentos de Antioquia, Cundinamarca, Huila, Magdalena y Norte de Santander (Torres, 1988), así como en Cauca, Nariño, Valle, Risaralda y Caldas (figura 9). Su distribución comprende un rango altitudinal entre 1.500 y 3.750 msnm; sin embargo, es representativa entre los 1.400 y los 2.400 msnm, siendo una especie típica de la formación bosque muy húmedo montano bajo (bmh-MB).

También es importante incluir la región geográfica del río Numbalá, Ecuador, donde se encuentra una importante área de 1.013 ha y se registran quizás los árboles más longevos de *Retrophyllum* en el mundo, zona que se conoce como Parque Nacional de Podocarpus (Yaguana *et al.*, 2012).

Ecología

Las Podocarpáceas han desarrollado varias adaptaciones que les han permitido su crecimiento en los trópicos. Una de ellas es la producción de brotes y hojas aplanadas y anchas, que les otorga mayor eficiencia en la captación de la luz, propiciando una mayor capacidad de competencia frente a las angiospermas en el bosque tropical, y otra la posibilidad de desarrollarse en condiciones de sombra ya que pueden crecer eficientemente en condiciones de poca luz. La morfología de hojas grandes y planas presente en el trópico se debe, entre otros factores, a las temperaturas cálidas y a la ausencia de tensiones que limitan el tamaño de las hojas, como el frío y la deficiencias de agua en el suelo (Brodribb, 2011).

Por otra parte, la buena capacidad de producción de rebrotes grandes y la adaptación morfológica de las hojas, junto al bajo requerimiento de luz, hacen que las Podocarpáceas sean muy competitivas en el sotobosque del bosque tropical; no obstante, la arquitectura de la lámina foliar está supeditada a límites funcionales (Leverenz *et al.*, 2000; Brodribb, 2011). Esta característica morfológica se presenta en 135 especies aproximadamente, que se encuentran agrupadas en once géneros, algunos como: *Retrophyllum*, *Dacrycarpus*, *Falcatifolium*, *Acropyle*, *Podo-*

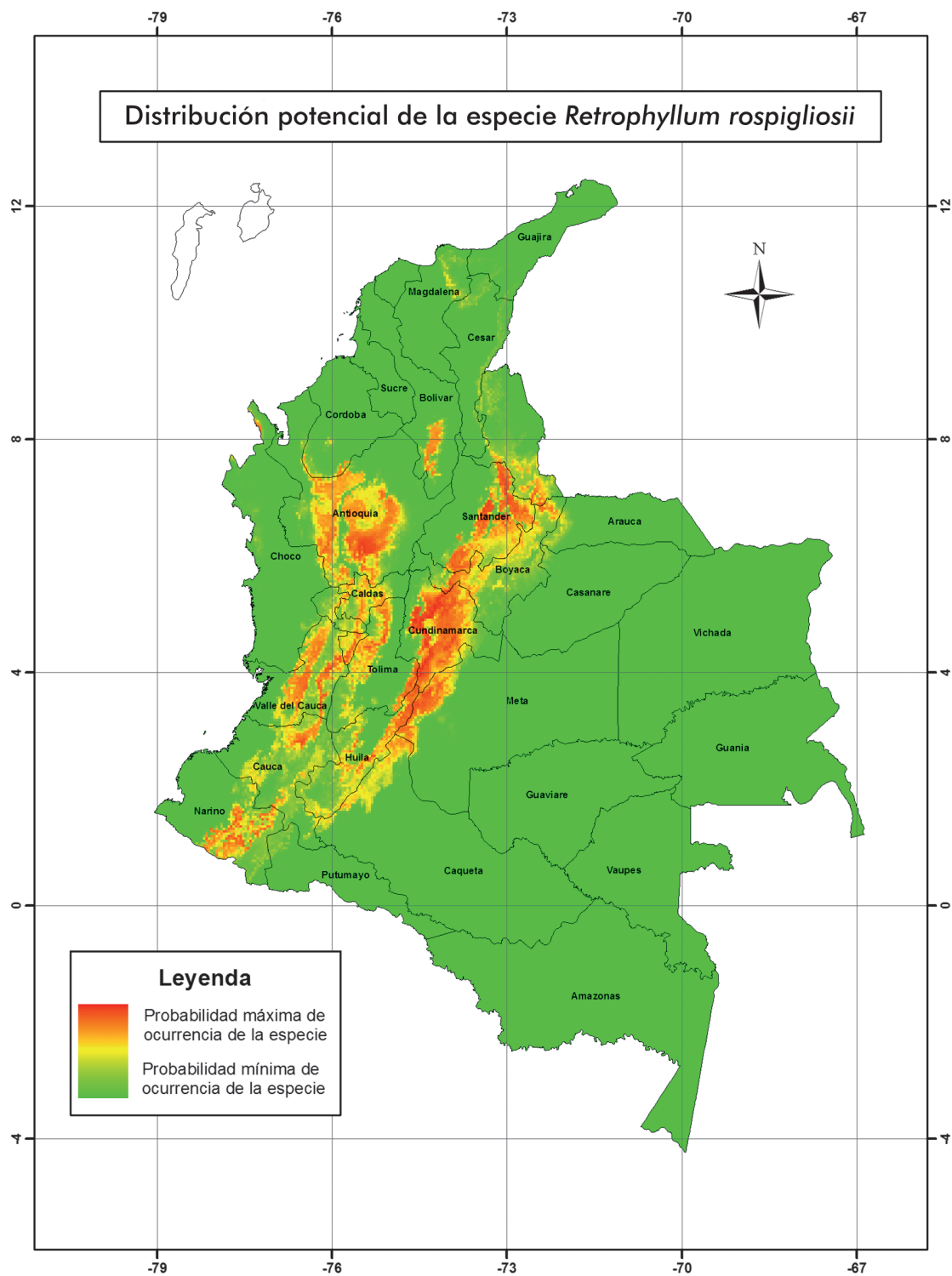


Figura 9. Mapa de distribución de *R. rospigliosii* en Colombia

Fuente: este estudio

carpus, *Nageia*, *Prumnopitys* y *Phyllocladus*, *Sundacarpus* (Brodribb, 2011).

En *Retrophyllum rospigliosii* las láminas foliares sufren una torsión que involucra la mitad de las hojas, fenómeno conocido como resupinación que expone el envés ontogénico a la luz y el haz a la sombra, condición que puede representar ventajas evolutivas para esta especie, ya que le permite un uso eficiente del agua, debido a que la transpiración disminuye en el haz ontogénico por su menor exposición a la radiación solar, el viento y las temperaturas extremas en la región alto Andina (Hoyos y Rodríguez, 2005).

Pese a su buena capacidad de adaptación y competencia frente a las latifoliadas, las podocarpáceas no son abundantes en los bosques tropicales de tierras bajas, debido a las características de su arquitectura foliar que la limitan frente a la forma y funcionalidad de las hojas de las angiospermas, en especial en sitios de alta productividad (van Royen, 1979; Brodribb, 2011).

La distribución general de las podocarpáceas en una sola geoforma o condición topográfica, hace presumir que estas especies dependen poco de la calidad química y las

características físicas del suelo (Marín, 1998; Veillon, 1962). En tierras bajas tropicales las podocarpáceas parecen ser más abundantes en sitios con baja fertilidad de suelos, lo cual puede deberse a una alta eficiencia en el uso de nutrientes y/o a los mecanismos para la adquisición de nutrientes (Dalling et al., 2011).

Aunque las podocarpáceas en el trópico crecen bien en suelos con bajos contenidos de nutrientes, no sólo están limitadas a estos tipos de suelos, también pueden desarrollarse en sitios productivos; en sitios con suelos fértiles las angiospermas que presentan estructura foliar de hojas anchas son más eficientes y competitivas en la interceptación de luz, limitando la emergencia de las podocarpáceas (Cernusak et al., 2011).

R. rospigliosii crece en suelos fértiles a pobres, de profundidad media a alta, arcillosos o arcillo-arenosos, con buen drenaje, con pH de 4 a 5 y alta humedad edáfica (Veillon, 1962; Mozo, 1972; Coomes y Bellingham, 2011). Así mismo, se desarrolla mejor en terrenos con pendientes suaves, vegas de ríos, mesetas y depresiones pequeñas con humedad constante y nubosidad (tabla 2).

Tabla 2. Requerimientos edafoclimáticos de *R. rospigliosii*

ITEM	ÓPTIMOS
Rango de altitud	1.650 msnm a 3.750 msnm
Rango de temperatura	Mínima de 4°C / máxima de 20°C / media 12°C
Rango de precipitación	1.500 mm a 2.500 mm
Suelos	Suelos profundos
	pH 4-5
	Drenaje bueno a moderado
	Suelos arcillosos; arcillo-arenosos
	Soporta suelos ácidos
Otros	Constantemente necesita humedad y nubosidad; especie heliófita

Crece en áreas con temperaturas medias anuales que oscilan entre 10°C a 19°C, con una precipitación media anual de 2.000 mm y una humedad relativa alta; esta especie es típica de bosque muy húmedo montano bajo (Mozo, 1972). Se encuentra en la parte alta de los bosques muy húmedos premontanos, en los bosques muy húmedos montanos bajos y en los bosques húmedos montano bajo (Mahecha *et al.*, 2004).

La especie forma pequeños rodales mixtos disetáneos en los bosques nublados, donde su crecimiento es relativamente lento, pero alcanza buen desarrollo. Germina abundantemente bajo dosel cerrado pero, si continúa bajo la sombra no supera el nivel de brinzal (Veillon, 1962). De forma natural, la especie rara vez se encuentra en áreas abiertas y no hace parte de la composición florística de los estados tempranos de sucesión (Arends *et al.*, 1991). Rebrotan bien de plantas jóvenes; se regenera de la semilla de forma abundante, alrededor de la planta madre (figura 10).



Foto 10. Regeneración natural de *R. rospigliosii*

Se encuentra en relictos de bosques no perturbados, asociada con *Quercus* sp, *Alfaroa* sp, *Hieronyma* sp, *Ficus* sp, *Clusia* sp, *Vismia baccifera*, *Quararibea* sp, *Heliocarpus popayanensi* y *Taluma caricifragans* (Hernández *et al.*, 2005).

Las podocarpáceas presentan micorrizas arbusculares, una simbiosis entre las raíces de las plantas y hongos de la división *Glomeromycota*. En esta asociación la planta aporta carbono para el hongo, mientras que el hongo aumenta la disponibilidad y la eficiencia en la absorción de fósforo para la planta (Koide *et al.*, 1999; Smith y Read, 2008; Dick y Holdaway, 2011). El sistema radicular es moderado, con raíces gruesas y presencia de pelos radicales; los diámetros de las raíces sugieren una alta dependencia micorrízica. (St John, 1980; Dick y Holdaway, 2011). La presencia de pelos radicales y micorrizas pueden indicar funciones diferentes o complementarias en la captación de nutrientes o minerales (Dick y Holdaway, 2011).

Por otra parte, las raíces se caracterizan por la presencia de abundantes nódulos, protuberancias esféricas espaciadas en múltiples filas a lo largo de las raíces finas; no obstante, los niveles de fijación de nitrógeno son muy bajos. Parece ser que estos nódulos aumentan el volumen de la raíz para mejorar la interacción simbiótica con hongos micorrízicos, maximizando la eficiencia en la adquisición de nutrientes minerales (Dick y Holdaway, 2011).

R. rospigliosii, de manera natural, forma una asociación micorrízica de tipo endotrófico con hongos de la familia *Endogonaceae*, pertenecientes a los géneros *Acaulospora* y *Glomus*, que favorecen en la planta la absorción de fósforo y otros nutrientes, así como cierta protección contra parásitos. Por

lo tanto, es necesario aplicar suelo micorrizado con hongos MVA (micorriza vesícula arbuscular, géneros *Glomus* sp y *Acaulospora* sp) a los sustratos de crecimiento en vivero. *R. rospigliosii* es dependiente de la asociación con hongos formadores de micorrizas arbusculares (MVA) (figura 11), por eso, la efectiva colonización micorrizal en las plántulas pueden incidir en el incremento de la tasa de crecimiento y la capacidad de adaptación de la especie en plantación (Diez et al., 2008). Muchas veces el poco éxito de las plantaciones de podocarpáceas se debe a la falta de inoculación de micorrizas específicas que se presentan en el hábitat natural de estas especies. Por consiguiente, si se identifican las micorrizas más importantes y sus métodos de inoculación en vivero, su uso debe ser prioritario (Marín, 1998).

La fructificación del *R. rospigliosii* ocurre entre los meses de marzo y agosto. En La Carbonera, Venezuela, se ha observado entre mayo y junio, cada dos o tres años (Lamprecht y Liscano, 1957; Lamprecht, 1990);



Figura 11. Micorrizas asociadas a *R. rospigliosii*

mientras que en Colombia, en el altiplano cundiboyacense, se ha reportado que los frutos maduran entre marzo y agosto (Rodríguez y Peña, 1984). Por su parte, en el municipio de Pensilvania, Caldas, la floración masculina ocurre entre septiembre y diciembre y la femenina en octubre, mientras que la formación de frutos y recolección de semillas sucede en diciembre (tabla 3).

Tabla 3. Comportamiento fenológico de *R. rospigliosii* en Pensilvania, Caldas

ESTADO	SITIO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Floración masculina	Pensilvania, Caldas. 1990 msnm												
Floración femenina													
Formación de frutos													
Maduración de frutos y recolección de semillas													

Fuente: Cueva Márquez

Madera

La madera presenta como características organolépticas y macroscópicas albura de color castaño o crema amarillenta, poco diferenciada del duramen en condición seca al aire, porque este último es de color castaño amarillento muy uniforme; fuera de esta condición, la albura presenta una transición abrupta a duramen rojo amarillento anaranjado. La textura es fina, mediana o gruesa, grano recto y brillo mediano, con veteado suave en arcos superpuestos y bandas paralelas, no presenta olor ni sabor distintivos, es liviana a medianamente dura y pesada. Anillos de crecimiento ausentes o ligeramente definidos por reducción del diámetro radial de las traqueidas, con transición gradual entre los leños inicial y final. Poros ausentes. Susceptibles al ataque de insectos. Traqueidas ligeramente visibles con aumento de 10x, parénquima algunas veces visible con aumento de 10x debido a su contenido oscuro, no presenta canales resiníferos axiales ni radiales, radios ligeramente visibles con aumento de 10x, numerosos a muy numerosos (40 a 60 radios por cinco milímetros (JUNAC, 1981b; Acevedo y Kikata, 1994; Arévalo y Londoño, 2005; Vásquez, 2010) (figura 12).

Como características microscópicas la madera de *R. rospigliosii* presenta parénquima axial difuso y en bandas, con paredes transversales lisas, inclusiones resinosas, radios homogéneos, uniseriados (ocasio-



Figura 12. Cortes longitudinal (izquierda) y transversal 10x (derecha) de la madera de *R. rospigliosii*

Fuente: Arévalo y Londoño, 2005

nalmente biseriados), con altura de 1 a 27 células y de 83 a 304 μm ; traqueidas con diámetro tangencial entre 46 y 58 μm , espesor de pared celular de 3.7 μm , presencia de crásulas, trabéculas y engrosamientos espiralados, con punteaduras uniseriadas y biseriadas, opuestas con diámetro de 15 a 21.5 μm , campo de cruce con punteaduras tipo taxodioide y cupresoide, de una a dos punteaduras por campo (JUNAC, 1981b; Acevedo y Kikata, 1994; León y Espinoza, 1997; Vásquez, 2010).

Es una madera moderadamente difícil de secar al aire. En condiciones climáticas de Quito, Ecuador, se presentó una velocidad de secado moderada, reduciéndose la humedad inicial del 90.6% al 20% en 27 días observándose arqueadura y abarquillado. En el secado al horno usando un programa fuerte (F) se logró reducir la humedad inicial del 83% al 12% en 46.5 horas, notándose encorvaduras y arqueaduras (JUNAC,

1983; Arévalo y Londoño, 2005). Respecto a la durabilidad natural, la madera es resistente al ataque de hongos e insectos (Arévalo y Londoño, 2005).

En el proceso de preservación de la madera bajo el método de baño frío y caliente, la albura y el duramen presentaron absorción alta de 237 y 232 kg/m³ respectivamente, con penetración total. Con el método de vacío-presión tanto la albura como el duramen mostraron una absorción alta de 308 y 272 kg/m³ respectivamente; del mismo modo, con penetración total en los dos métodos de preservación fue utilizada una sustancia oleosoluble. Por otra parte, al aplicar sales hidrosolubles por el método vacío-presión, la albura presentó una absorción alta de 502 kg/m³, con penetración total y el duramen una absorción alta de 475 kg/m³ pero con una penetración total a irregular (JUNAC, 1983; Arévalo y Londoño, 2005).

La madera de *R. rospigliosii* es fácil de asestrar y labrar con herramientas de carpintería; se pueden realizar sin dificultad labores de torneado, taladrado, lijado, cepillado y machihembrado, además siendo fácil de clavar, con una buena retención de clavos y tornillos (PREDESUR, 1979; Arévalo y Londoño, 2005).

La anatomía y densidad de la madera de árboles de *R. rospigliosii* de ocho años de edad provenientes de una plantación experimental en Popayán, departamento de Cauca, Colombia, fue estudiada encontrándose que la variación radial de la densidad básica de la madera es poco acentuada a diferentes alturas, con tendencia a disminuir desde el 25% del radio hacia la corteza, siendo esta variación muy similar a la observada en otras coníferas de las familias Pinaceae, Cupressaceae y Taxodiaceae (Vásquez y Alcántara, 2009; Vásquez, 2010).

La variación radial de las densidades aparente y básica presentó mayores valores próximos a la médula, que disminuyen hasta el 50% y se estabilizan o incrementan posteriormente cerca de la corteza. Todas las dimensiones de las traqueidas presentaron incremento en dirección médula-corteza. El patrón de variación radial muestra, de manera general, que la formación de madera se presenta de dos tipos: la primera, desde la médula hasta el octavo anillo de crecimiento, que se caracteriza por aumentos progresivos y está asociada con madera juvenil o juvenil interna. Posteriormente cerca a la corteza la madera presenta variaciones más graduales (Vásquez, 2010), lo que permite asociarla con madera de transición hacia la madera juvenil externa (Zobel y van Buijtenen, 1989; Larson et al., 2001; Burdon et al., 2004; Vásquez, 2010).

La delimitación de la madera interna y externa en los árboles de *R. rospigliosii*, a los ocho años de edad, no está perfectamente definida y es posible que sea más clara en árboles de mayor edad (Vásquez, 2010). Por otra parte, la variación axial de las densidades aparente y básica presentó mayores valores en la base de los árboles, con tendencia a la disminución hasta un 25% de altura desde la base y un nuevo aumento hasta el 25 o 50% de la altura total, disminuyendo nuevamente hasta el 75% final (Vásquez, 2010). Esta variación coincide con la encontrada en varios géneros de Pinaceae (Panshin y de Zeeuw, 1980; Megraw, 1985; de Almeida, 1989; Zobel y van Buijtenen, 1989; Klock, 1989; Burdon et al., 2004, citados por Vásquez y Alcántara, 2009). Por otra parte, todas las dimensiones de las traqueidas presentaron varios patrones de variación axial (Vásquez, 2010).

Tabla 4. Propiedades físicas, mecánicas y esfuerzos de trabajo de la madera de *R. rospigliosii*

PROPIEDADES FÍSICAS										
DENSIDAD				CONTRACCIÓN NORMAL				CONTRACCIÓN TOTAL		
Verde (g/cm³)	Seca al aire (g/cm³)	Anhídra (g/cm³)	Básica (g/cm³)	Radial (%)	Tangencial (%)	Volumen (%)	Relación CT/CR	Radial (%)	Tangencial (%)	Relación CT/CR
0.91	0.68	0.64	0.57	1.6	3.2	4.8	2.0	3.2	5.7	1.9

Fuente: JUNAC 1981c; Arévalo y Londoño, 2005

PROPIEDADES MECÁNICAS										
CONTE- NIDO DE HUMEDAD (%)	DENSIDAD BÁSICA (g/cm³)	FLEXIÓN ESTÁTICA			COMPRESIÓN		DUREZA		CIZALLA- MIENTO (kg/cm²)	IMPACTO kg/m)
		Esfuerzo fi- bras al límite proporcional (kg/cm²)	Módulo de ruptura (kg/cm²)	Módulo de elasticidad t/(cm²)	Paralela Máxima resistencia (kg/cm²)	Perpendicu- lar. Resistencia al límite proporcional (kg/cm²)	Extremos (kg)	Lados (kg)		
Verde	0.57	266	604	73	338	69	494	472	103	3.64
12	0.57	423	1016	96	473	86	677	452	116	2.05

Fuente: JUNAC 1981c; Arévalo y Londoño, 2005

ESFUERZOS DE TRABAJO: CORRESPONDE AL GRUPO B DE MADERA ESTRUCTURAL					
ESFUERZOS ADMISIBLES (kg/cm²)					
Flexión fm	Compresión paralela a las fibras fc	Compresión perpen- dicular a las fibras fd	Corte fv	MÓDULOS DE ELASTICIDAD	
				Tracción paralela a las fibras ft	Eprom. (kg/cm²)
150	110	28	12	105	100.000

Fuente: Arévalo y Londoño, 2005

Silvicultura

Recolección de frutos y obtención de semillas

Los frutos pueden ser cosechados directamente del árbol antes que caigan al suelo, cuando presentan coloración verde marrón. Una vez colectados se les retira el epicarpio y el mesocarpio y se extrae la semilla, la cual se desinfecta con una solución de hipoclorito de sodio al 2%; después se seca al aire, protegiéndola de la luz solar directa.

Otro método consiste en recoger el fruto directamente del suelo y someterlo a un proceso de despulpado (figura 13), para lo cual se colocan los frutos en remojo en agua durante 15 días, momento en el cual se retira el mesocarpio carnoso y el epicarpio; esta remoción se puede hacer manualmente con un tamiz. En algunos casos es posible encontrar dentro del bosque puntos de acopio de semilla, libre de pulpa, como resultado de la actividad natural desarrollada por las ardillas; los murciélagos también son un mecanismo de dispersión de la semilla.

Cualquiera que sea el método de colecta, una vez cosechada la semilla, esta se lava con agua y jabón o una solución de hipoclorito de sodio del 2%, luego se seca al aire y se coloca a la sombra y se almacena o se induce a germinación.

Almacenamiento de semillas: por ser semillas recalcitrantes, estas deben ser almacenadas con alta humedad para alargar su periodo de viabilidad; no obstante, no es posible el almacenamiento por largos periodos de tiempo, por tanto, la hidratación es un mecanismo muy importante para alargar su periodo de viabilidad (Marín, 1998). Estas semillas normalmente tienen un contenido de humedad mayor al 43% y de no hidra-



Figura 13. Frutos de *R. rospigliosii* sometidos a despulpado para obtención de la semilla

tarse en 64 horas aproximadamente pueden alcanzar un 16% de humedad, provocando efectos severos sobre la viabilidad por fenómenos de desecación (Fountain *et al.*, 1989).

Para el almacenamiento de semillas recalcitrantes, éstas deben colocarse en sustratos que mantengan la humedad. Se ha probado la eficiencia del uso de aserrín estéril humedecido, encontrándose que al año de almacenamiento las semillas mantienen la humedad en un 58% y la germinación en un 72%. De igual forma, el almacenamiento en turba (figura 14) resulta adecuado para la semilla; utilizando este sustrato, en ensayos se ha



Figura 14. Semilla pregerminada después de almacenada en turba humedecida

logrado al año de almacenamiento mantener la humedad de las semillas en un 38% (Schaefer, 1990).

El porcentaje de humedad y el de germinación se encuentran directamente relacionados.

Germinación: la germinación es epigea, los cotiledones nacen por encima del suelo y se convierten en los primeros órganos fotosintéticos de la plántula (figuras 15 y 16). Las semillas se siembran bajo sombra para favorecer su germinación y el desarrollo de la plántula. La respuesta germinativa y el crecimiento en las etapas tempranas pueden ser inhibidas por la exposición plena de las semillas a la luz (Lamprecht, 1954, 1990; Lamprecht y Liscano, 1957; Rodríguez y Peña, 1984).

En semillas cosechadas de árboles de 14 años de edad en Pensilvania, Caldas, se observó el inicio del proceso de germinación tan sólo hasta el cuarto mes, alcanzando a los 52 días una germinación del 36%, a los 60 días del 14%, a los 66 días del 13% y a los 73 días del 10%.

En total, el ciclo de maduración de las semillas fue de seis meses con un porcentaje

de germinación del 70%. Becerra (1972) reportó un porcentaje de germinación del 40–60% y un tiempo de germinación de seis a ocho meses.

Las semillas deben escarificarse a fin de debilitar la testa y facilitar el proceso de germinación. La escarificación puede ser por abrasión utilizando papel lija o arena, o empleando escarificadores mecánicos. Una vez escarificadas las semillas, se hace inmersión en agua a temperatura ambiente por periodos que van desde 48 a 72 horas (foto 17).

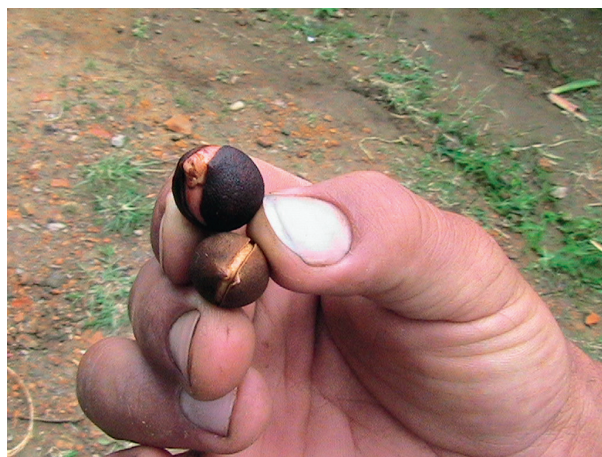


Figura 15. Semilla pre germinada de dos procedencias de *R. rospigliosii*

Figura 16. Germinación epigea en semilla de *R. rospigliosii*



Figura 17. Semilla escarificada y pregerminada de *R. rospiglosii*



Figura 18. Plántulas de *R. rospiglosii* producidas en tubetes forestales

Se debe tener en cuenta que si no se realizan tratamientos pregerminativos, las semillas de *R. rospiglosii* tienen un poder germinativo del 50% o inferior (Lamprecht y Liscano, 1957). Cuando se efectúan tratamientos pregerminativos con ácido sulfúrico se puede ocasionar la muerte del embrión. El ciclo de maduración de la semilla inicia con la expulsión de la pulpa, la cual tarda 10 días. La madurez fisiológica de la semilla se completa a los tres meses, iniciando la germinación al cuarto mes.

Producción de plántulas: las semillas se pueden sembrar en almácigos o directamente en bolsas, o en tubetes forestales para su germinación (figura 18). Si se hace en almácigo se utiliza un sustrato suelto, con buen drenaje y con alta capacidad de retención de agua; el sustrato puede ser arena, aserrín o corteza de árbol. Las semillas se siembran en eras de germinación, a una profundidad de 2 a 3 cm, en hileras con separación entre semillas de 5 cm y entre surcos de 10 y 13 cm. Además, deben ser protegidas de la luz solar directa manteniendo el sustrato húmedo, cuidando que no haya saturación. En esta etapa no es necesario un sustrato fértil ya que una vez germinen las semillas se hace repique y se pasa la plántula a la bolsa. El trasplante a la bolsa se hace cuando las plántulas alcanzan una altura entre 10 y 13 cm.

En bolsa (figura 19) se utilizan sustratos mezclados, compuestos por tierra más turba, aserrín, cascarilla de arroz o corteza en descomposición en una proporción 1:1 o 1:2. Estos sustratos favorecen un buen drenaje, aireación, retención de humedad y tienen la capacidad de aportar nutrientes iniciales para el normal desarrollo de la planta. La semilla se siembra a una profundidad de 2 a 3 cm.

La producción se hace bajo sombra. El tiempo de producción del material vegetal es de seis meses, el cual se discrimina así: 1) Desde el proceso de escarificación hasta la etapa de pregerminación de la semilla transcurren 90 días. 2) Posteriormente se inicia la germinación con el desarrollo de la plúmula y expulsión de la testa, el cual tarda 40 días; y 3) Se inicia el proceso de elongación del tallo y el desarrollo de la plántula fase que demora en promedio 50 días (figura 20).



Figura 19. Plántulas de *R. rospigliosii* producidas en bolsas

Con base en el análisis químico del sustrato se debe establecer el plan de fertilización para la producción en vivero. Cuando la plántula tiene entre 25 y 30 cm de altura se pueden llevar a campo pero, deberá ir rustificada para garantizar su sobrevivencia bajo las condiciones edafoclimáticas del sitio forestal de plantación.

El proceso de rustificación se debe realizar 40 días antes de ir a plantación. Los primeros 10 días se reduce el suministro de agua a la mitad, es decir, un sólo riego diario pero, manteniendo las plántulas en penumbra bajo techo; durante los siguientes 15 días las plántulas se colocan a plena exposición solar, regándolas día de por medio; los siguientes 10 días se restringe el riego a cada cuatro días y, por último, se suspende durante los últimos 5 días.

Propagación *in vitro* de plántulas: como alternativas para la conservación de germoplasma y para la producción de material vegetal se han desarrollado estrategias para la regeneración *in vitro* de *R. rospigliosii* mediante organogénesis directa e indirecta a partir de tejidos juveniles. Hernández *et al.*, en el 2005 establecieron un procedimiento



Figura 20. Desarrollo y elongación de tallo en plántula *R. rospigliosii*

para la regeneración *in vitro* de la especie mediante la inducción y desarrollo de procesos organogénicos directos e indirectos, a partir de explantes juveniles apicales y laterales procedentes de plántulas de seis meses, árboles jóvenes y adultos de 1.5 y 3, y 10 años, respectivamente.

En este esquema de propagación fueron realizados dos ciclos de regeneración de plántulas, compuestos de tres fases. En la primera fase llamada de inducción o de estimulación, que tuvo una duración de 30 días, los explantes primarios fueron cultivados en el medio QLP (Quoirin y Lepoivre, modificado por Pacheco *et al.* (1993), suplementado con Ácido naftalenacético (ANA) y Benciladenina (BA). En la segunda fase denominada de expresión y desarrollo, los explantes se transfirieron a medio GD (Gresshoff y Doy, modificado por Sommer *et al.*, 1975) añadiendo carbón activado y ANA, por un periodo de 90 días, con un subcultivo cada 30 días. La tercera fase de enraizamiento de microtallos compuesta por dos etapas: una de *inducción rizogénica*, durante 30 días en medio QLP (Quoirin y Lepoivre, modificado por Pacheco *et al.*, 1993) adicionando ANA, AIB y AIA en concentraciones de 0.5, 1.0, 2.0, 3.0, y 5.0 mg/L, y la otra de *expresión y desarrollo* que duró 90 días con subcultivo a medio fresco cada 30 días y se utilizó el medio GD (Gresshoff y Doy, modificado por Sommer *et al.*, 1975). El segundo ciclo se llevó a cabo en las mismas condiciones que el primero (Hernández *et al.*, 2005).

En el primer ciclo de regeneración se encontró que en el periodo de inducción la viabilidad de los explantes fue superior al 82%. En la fase de expresión y desarrollo, se determinó que la transferencia de los explantes inducidos a un medio GD facilitó la formación y desarrollo de yemas adventicias y el desarrollo de yemas axilares; de igual forma los

tratamientos de inducción (BA en concentraciones de 1,3,5,7 y 10 mg/L + ANA a 0.02 mg/L) favorecieron la activación y desarrollo de yemas axilares en los explantes primarios.

En cuanto a la activación de yemas axilares los explantes apicales provenientes de árboles de 18 meses y los explantes epicórmicos de árboles de 120 meses, presentaron la mayor cantidad de yemas axilares. Respecto a yemas adventicias los explantes apicales de árboles de 1.5 años y los epicórmicos de árboles de 3 años presentaron los mayores porcentajes. Con base en los resultados obtenidos en el primer ciclo de proliferación se pudo establecer que existen diferencias en la expresión de las capacidades, tanto de activación de yemas axilares como de formación de yemas adventicias en los distintos tipos de explantes probados. Estas diferencias dependen principalmente de la edad de los árboles fuente de los explantes y de su posición (apical o lateral).

Por otra parte, los coeficientes de desarrollo de los microtallos axilares como adventicios se vieron favorecidos por los tratamientos con 1 a 5 mg/L de BA, de forma tal que de 3 mg/L a 5 mg/L se consideran concentraciones óptimas debido a que promueven eficazmente la formación, activación y desarrollo de yemas normales. Se observaron altos porcentajes de plagiotropismo en explantes de árboles de 1.5 años de edad, fenómeno que se considera una característica de la etapa adulta en árboles, sin embargo y a pesar de la edad de los árboles origen, los explantes cronológicamente más jóvenes presentaron los mayores porcentajes de plagiotropismo (Hernández *et al.*, 2005).

En el segundo ciclo de proliferación fueron seleccionados microtallos de apariencia normal de 15 mm de origen axilar y adventicio.

En la fase de estimulación, la concentración de 3 mg/L de BA favoreció la activación de yemas axilares así como adventicias, cuantificándose una viabilidad superior al 90%. La activación de yemas axilares y la nueva formación de yemas adventicias se observó en microtallos axilares y adventicios originados en explantes de 18, 36 y 120 meses. En los microtallos procedentes de explantes primarios de árboles de 18 meses originados bajo diferentes concentraciones de BA mostraron capacidad para formar nuevos microtallos, mientras que los microtallos originados en explantes de árboles de 36 y 120 meses sólo formaron nuevos bajo concentraciones de 3 y 5 mg/L de BA, esto indica que los microtallos originados en explantes primarios más jóvenes muestran una mayor capacidad para la activación de yemas axilares, así como para la formación de yemas adventicias y desarrollo de microtallos. Por otra parte, los microtallos procedentes de explantes primarios de árboles de 18 meses desarrollados en el primer ciclo de proliferación con 1 mg/L de BA, arrojaron los más altos coeficientes en la formación de microtallos axilares (Hernández *et al.*, 2005).

Los factores que más afectaron la capacidad organogénica de los explantes en este esquema de propagación fueron la edad de los árboles fuentes de explantes primarios y el origen, axilar o adventicio. En el segundo ciclo de proliferación los microtallos axilares y adventicios procedentes de explantes originados de árboles de 18 meses, presentaron los porcentajes más altos de plagiotropismo, resultados que concuerdan con los obtenidos en el primer ciclo de proliferación ya que los explantes con plagiotropismo durante el primer ciclo, dieron origen a microtallos con este mismo hábito de crecimiento, lo que permite concluir que existe en los nuevos microtallos una predeterminación con respecto

al hábito de crecimiento (Hernández *et al.*, 2005).

Como complemento se efectuaron dos ensayos de enraizamiento: un primer ensayo en condiciones *in vitro* utilizando epicótilos de plantas de seis meses de edad. Las fases de inducción rizogénica y de expresión-desarrollo se realizaron bajo las mismas condiciones que para el enraizamiento de microtallos, sin embargo, en el medio de inducción se adicionó ANA, AIB o AIA en diferentes concentraciones. Se encontró que el tamaño de los microtallos (≥ 15 mm) y epicótilos (30 mm) son apropiados para la inducción y desarrollo de procesos rizogénicos, pero a partir de los resultados encontrados en este esquema de propagación se determinó que *R. rospigliosii* es una especie de difícil enraizamiento. En los microtallos, el porcentaje de enraizamiento espontáneo fue casi nulo, presentándose de forma excepcional en explantes de árboles de 18 meses durante el segundo ciclo de proliferación, lo que demuestra que existe relación entre el desarrollo ontogénico del explante y su capacidad rizogénica (Hackett, 1988; Pacheco, 1995, citados por Hernández *et al.*, 2005).

La regeneración de plántulas en esta especie requiere necesariamente de la aplicación de tratamientos inductivos de procesos rizogénicos. De igual forma, los medios de cultivo utilizados para la fase de estimulación y para la fase de expresión, sin reguladores de crecimiento y complementados con carbón activado, favorecieron el enraizamiento *in vitro* de microtallos. La utilización de AIA, ANA y AIB en tratamiento de inducción rizogénica *in vitro* mostró que el AIB (2mg/L), estimuló procesos rizogénicos en los microtallos y que el AIA en concentraciones de 5 y 7 mg/L estimuló los procesos rizogénicos en epicótilos, la diferencias en el potencial rizogénico de microtallos y epicótilos puede estar

relacionada con el contenido endógeno de auxina en cada tipo de explante.

Un segundo ensayo, en condiciones *ex vitro*, que utilizó como sustrato la mezcla de tierra–escoria–cascarilla de arroz (1:1:1), que favoreció el desarrollo de procesos rizogénicos permitiendo el crecimiento de raíces primarias y secundarias, así como la absorción de pelos absorbentes; este mismo sustrato fue utilizado para los ensayos de enraizamiento *ex vitro* de epicótilos, así como para el endurecimiento de microtallos y epicótilos enraizados.

A partir de los resultados obtenidos con el esquema de proliferación propuesto por Hernández *et al.* (2005) es posible el establecimiento y mantenimiento de cadenas proliferativas y la regeneración de plántulas de *R. rospigliosii* a partir de materiales juveniles.

Sistemas de Plantación

Sistema en monocultivo: en plantación pura, el pino romerón se siembra a distancias de 3 x 3m, 3.5 x 3.5m, 4 x 4m, para densidades de 1.111 árboles, 816 árboles y 625 árboles/hectárea, respectivamente. Los árboles son llevados a campo entre 13 y 15 cm de altura cuando son producidos en bolsa y entre 7 y 9 cm en tubete forestal. En terrenos planos, la plantación debe orientarse en sentido oriente–occidente con el fin de tener mayor eficiencia fotosintética, mientras que en terrenos con pendientes superiores al 25% los surcos deben estar en curvas de nivel para proteger los suelos de procesos erosivos.

En suelos con altos contenidos de arena, el hoyado es de 30 x 30 cm con una profundidad de 50 cm, mientras que en suelos arcillosos o pesados las dimensiones son de 40

x 40 cm y una profundidad de 60 cm debido a que el sistema radicular de esta especie presenta un desarrollo inicial vigoroso. *R. rospigliosii* presenta mejor adaptación y sobrevivencia cuando se planta en los meses más lluviosos dado que esta especie necesita alta humedad en el suelo para su adecuado crecimiento; el porcentaje de resiembra, por lo general, se encuentra en límites inferiores del 5% y se hace un mes después de la siembra para que concuerde con el periodo de máxima precipitación.

En Pensilvania, Caldas, en 1996 se plantó un área de 0.28 hectáreas con 288 árboles, a una distancia de siembra de 3.5 x 3.5 m (figura 21), a la cual se le realizaron podas de formación a partir del año 2 y posteriormente cada seis meses hasta el año 4; así mismo, se le efectuaron fertilizaciones con elementos mayores, boro y urea hasta el año 3. En el 2005 se le hizo un aclareo con una intensidad del 20% y en el 2008, otro con una intensidad del 10% (figura 22).



Figura 21. Plantación de 15 años de *R. rospigliosii* en Pensilvania, Caldas



Figura 22. Panorámica de una plantación raleada de *R. rospigliosii* en Pensilvania, Caldas

Sistemas agroforestales: en este tipo de plantación los árboles de pino romerón se establecen dentro de un arreglo espacial inicial con especies agrícolas para la producción de leña, madera, alimentos, forrajes, fibras, entre otros. Los sistemas agroforestales con pino romerón se constituyen en una alternativa importante para el desarrollo de sistemas productivos agropecuarios especialmente para pequeños productores rurales, ya que permite a corto y mediano plazo la producción de alimento para autoconsumo así como de productos agrícolas para comercialización como frutales o complementarios para dieta animal como cereales o bancos de proteínas, generando seguridad alimentaria y alternativas de producción para la familia rural.

De igual forma, la implementación de sistemas agroforestales con esta especie contribuyen, especialmente en zonas altas, a la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de las funciones ecológicas, ya que permiten el uso productivo del territorio pero a su vez mantienen y mejoran el suelo,

favorecen los hábitat y nichos ecológicos de múltiples especies, mantienen la cobertura forestal y reducen los procesos de erosión. En el orden social estos sistemas son alternativas valiosas para el uso del territorio porque son compatibles con la cultura tradicional, generan arraigo en el área rural, permiten mejorar la economía familiar y contribuyen a la generación de conciencia hacia la conservación de los recursos naturales locales.

Dentro de los arreglos o sistemas de plantación agroforestal con *R. rospigliosii* se pueden mencionar:

- **Sistema lineal:** el sistema lineal hace referencia a la plantación de *R. rospigliosii* como barreras vivas para control de erosión y cercas vivas como linderos maderables de predios o de sistemas de producción agropecuario. En este sistema el *R. rospigliosii* se planta a una distancia de siembra en surco sencillo, doble o múltiple de 2.5 m, 3 m y 3.5m para densidades de 40, 33 y 28 árboles por cada 100 metros lineales respectivamente. Este sistema se

aplica en sitios con pendientes no superiores al 15%, aunque puede variar en función del clima, tipo de suelos, grado de erosión y cobertura vegetal presente; así mismo, se emplea en suelos profundos; los surcos de plantación deben estar en el sentido de la pendiente (figura 23).

Normalmente cuando se utiliza como barrera viva se complementa con prácticas de conservación de suelos como cultivos de cobertura y siembras en contorno. Este sistema de plantación con *R. rospiglosii* es particularmente útil cuando se emplea para la incorporación del componente forestal a sistemas productivos agrícolas ya establecidos, así como la optimización de áreas y diversificación de producción.

En Pensilvania, Caldas, el sistema lineal con pino romerón se estableció en 1991 con el objetivo de evaluar el crecimiento de esta especie como barrera viva forestal para protección y asilamiento de una plantación de *Alnus acuminata*, en donde los árboles se sembraron en 4 filas a una distancia de 3 m entre plantas y 16 m entre surcos.

- **Sistema en callejones:** se establece intercalado en surcos dobles o sencillos con especies agrícolas o frutales; las distancias de siembra van desde 5 m hasta 13 m entre surcos y entre árboles varía desde

3 m hasta 5 m. Es relevante las distancias de siembra y el manejo de podas para favorecer la entrada de luz a los cultivos asociados y mejorar la productividad, por lo tanto requiere un manejo intensivo para aprovechar la producción de biomasa, mejorar la oferta de nutrientes y las condiciones de manejo del sistema.

También en la siembra en callejones se reduce de forma importante el manejo de malezas para los árboles de *R. rospiglosii*, ya que permite mantener bajo una cobertura productiva un buen porcentaje del área de plantación la cual puede ser de más del 60%; además, mejora los suelos principalmente por el continuo aporte de materia orgánica y el aumento de la actividad biológica.

En Pensilvania, en 1991, se estableció un sistema de callejones de *R. rospiglosii* en asocio con las especies frutales guayaba peruana (*Psidium cattleianum* Sabine), feijoa (*Feijoa sellowiana* O. Berg) asociados a arveja (*Pisum sativum* L) (figuras 24 al 27). Los componentes arbóreos se sembraron a una distancia de 12 x 12 m y el arbustivo a 4 x 4 m. Previamente se evaluaron otras especies frutales como brevo (*Ficus carica* L), manzano (*Malus domestica* Borkh), pera (*Pyrus* spp) y ciruela (*Prunus* spp) los cuales no presentaron buen desarrollo y adaptación. El sistema

agroforestal se estableció en un área de 0.88 hectáreas teniendo como objetivos: a) Determinar y evaluar la adaptabilidad, el crecimiento y el desarrollo de *R. rospiglosii*, bajo el sistema agroforestal en callejones y b) Alternar cultivos transitorios de pancoger como estrategia para disminuir los costos en el mantenimiento de la plantación con respecto a las limpiezas (corto y mediano plazo).



Figura 23. Árboles de *R. rospiglosii* en sistema lineal en Pensilvania, Caldas



Figura 24. Panorámica sistema agroforestal de *R. rospigliosii*



Figura 25. Sistema agroforestal *R. rospigliosii* - *Psidium cattleianum* y *Feijoa sellowiana*



Figura 26. Arbusto de *Psidium cattleianum*



Figura 27. Cultivo transitorio de arveja (*Pisum sativum*) intercalado con guayaba pervana y pino romerón

Banco de germoplasma *ex situ*: es una colección genética de poblaciones naturales de una especie forestal que se establece en un área geográfica que puede corresponder a la zona de distribución natural de la especie o a una que presente características edafoclimáticas similares a las requerida por la especie; se planta bajo diferentes sistemas de siembra como plantación pura, sistema agroforestal, fajas de enriquecimiento, entre otros.

Estos bancos *ex situ* tienen como objetivo conservar las bases genéticas locales, regionales o mundiales de una especie o grupos de especies que se encuentran en peligro de extinción, como también para su uso productivo y su evaluación en otras regiones diferentes a las de su origen geográfico.

En Pensilvania, en 1994, dentro del área de la granja del CINOC, la alianza CONIF®-CINOC estableció una banco de germoplasma *ex situ* de Podocarpáceas con las especies pino chaquiro (*Podocarpus oleifolius* D.Don) procedente de la vereda Quebrada Negra, a 2.300 msnm; pino rey (*Prumnopitys montana* (Humb. & Bonpl. ex Willd). de Laub) procedente de la vereda Río Dulce, a

3.200 msnm y pino romerón (*Retrophyllum rospigliosii* Pilger. C. N. Page) procedente de árboles semilleros del acueducto de Támesis, Antioquia. El banco posee una extensión de 1 ha establecido en bloques por especie con una distancia de siembra de 4 x 4m.

En 2009 se realizó la ampliación de la base genética de *R. rospigliosii* en el banco de germoplasma con la introducción de tres nuevas procedencias: a) Támesis, Antioquia, b) Pensilvania, Caldas y c) Pacho, Cundinamarca (figura 28 y 29). Este nuevo banco de germoplasma de dos hectáreas, tiene como objetivo evaluar la capacidad de adaptación y desarrollo de la especie, así como la resistencia a plagas y enfermedades que puedan presentar estos genotipos bajo condiciones de sitio específicas. Este ensayo de procedencias corresponde a una plantación pura con una distancia de siembra de 4 x 4 m al cuadrado, en donde se establecieron 34 parcelas experimentales, cada una de 40 árboles.

El objetivo de la ampliación del banco de germoplasma de *R. rospigliosii* fue aumentar la base de conservación genética *ex situ* que se tiene de la especie, para disponer de más genotipos que permitan, a futuro, avanzar en el proceso de selección de árboles superiores para su multiplicación y utilización en repoblamiento forestales.

Así mismo, a futuro, esta nueva plantación se constituirá en una fuente semillera adicional para la especie que permitirá el abastecimiento de semilla de calidad genética conocida para la producción de material vegetal de alta calidad, para ser utilizado en reforestación comercial y recuperación de las poblaciones naturales de la especie.



Figura 28. Valla informativa de la ampliación del banco de germoplasma de *R. rospigliosii* en Pensilvania, Caldas



Figura 29. Árbol juvenil de *R. rospigliosii*: procedencia Pensilvania, Caldas

Crecimiento de la especie en plantación

A partir de los ensayos establecidos por la alianza CONIF®-CINOC en 1994, se cuenta con mediciones consecutivas de variables dasométricas con las cuales ha sido posible proyectar el crecimiento y el rendimiento de *R. rospigliosii* desde el año 5 hasta el 16.

Altura total en función del diámetro

Una de las variables más costosas de medir en campo es la altura de los árboles, por tal razón, es imprescindible contar con una ecuación que relacione esta variable con una mucho más fácil de medir en campo como el diámetro (DAP) (figura 30).

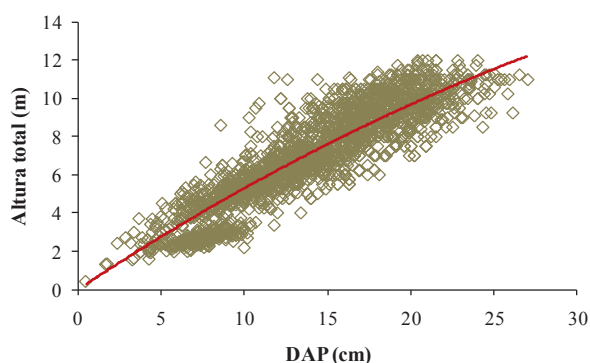


Figura 30. Relación altura-diámetro para *R. rospigliosii* en plantaciones puras en Pensilvania, Caldas

De esta manera, la ecuación local altura-diámetro se ajustó a partir de lo propuesto por Flewelling y Jong (1994):

$$HT = 1.3 + 17.75337505.e^{-15.1212038 \cdot \left(\frac{1}{DAP}\right)}$$

Volumen de árboles individuales

Para contar con herramientas para la cubicación de árboles en pie que son de vital importancia para los reforestadores, CONIF® en colaboración con el CINOC cubió 49 árboles de diferentes clases diamétricas y alturas. Los árboles fueron seleccionados y marcados antes de proceder a su volteo; posteriormente se marcaron y midieron secciones en segmentos de un metro de longitud hasta completar la altura total del árbol. Los datos se organizaron en una base de datos calculando posteriormente el volumen de cada sección, utilizando las fórmulas de Smalian para secciones intermedias y la de un cono para la última sección. Con esta información se procedió a ajustar los modelos de volumen ($m^3/\text{árbol}$) con corteza (cc) (figura 31) y sin corteza (sc) (figura 32).

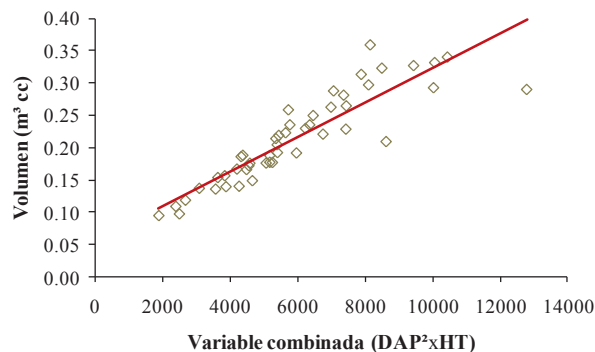
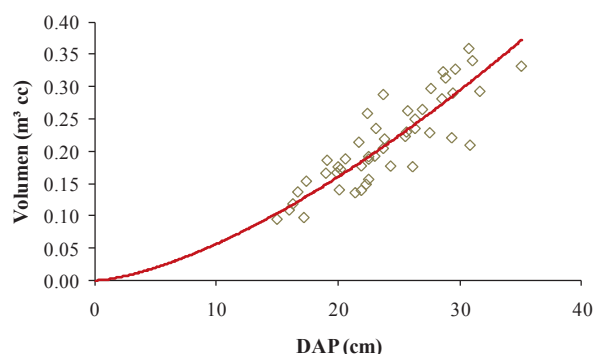


Figura 31. Volumen total con corteza para árboles *R. rospigliosii*

$$V_{cc} = 0.056886 + 0.000026878 DAP^2 HT$$

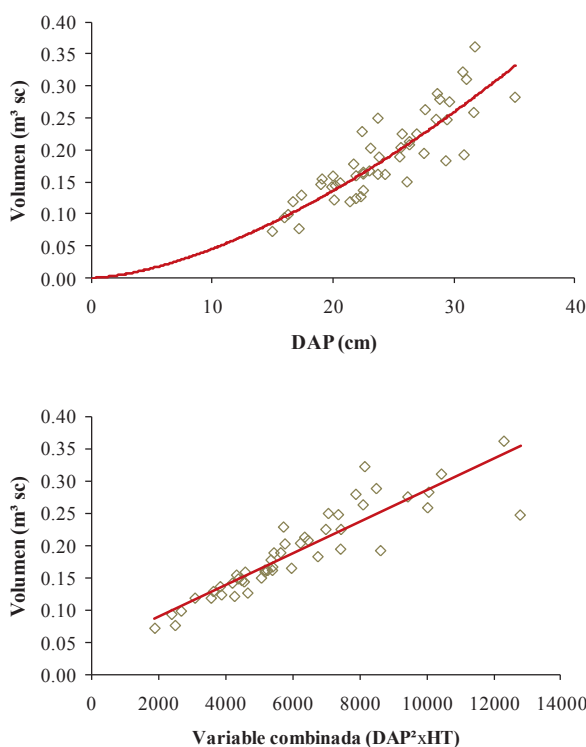


Figura 32. Volumen total sin corteza para árboles *R. rospigliosii*

$$V_{sc} = 0.044940 + 0.000024012 DAP^2 HT$$

El modelo seleccionado fue el de Spurr (1952) conocido como modelo de volumen de variable combinada.

Modelo de crecimiento y rendimiento

Un modelo de crecimiento y rendimiento se compone de cinco funciones que de manera dinámica permiten estimar el desarrollo

de plantaciones de la especie, en un rango de condiciones definidas por los datos originales. Por lo general, dicho modelo se compone de una función de altura de árboles dominantes (índice de sitio), una función de mortalidad natural, un sistema de proyección de área basal y una función de volumen total agregada, como a continuación se describen:

Función de altura de árboles dominantes (índice de sitio)

Esta función permite proyectar la altura de los árboles dominantes de un rodal como indicativo de la calidad de sitio. Se conoce que la calidad de sitio está definida por las variables edafoclimáticas características del lugar de plantación, sin embargo, debido a la dificultad técnica de medir cada una de estas, resulta más conveniente ajustar un modelo que describa las posibles trayectorias de crecimiento en altura de un rodal. La función seleccionada fue la propuesta por McDill y Amateis (1992), para una edad clave (E_c) de 16 años (figura 33).

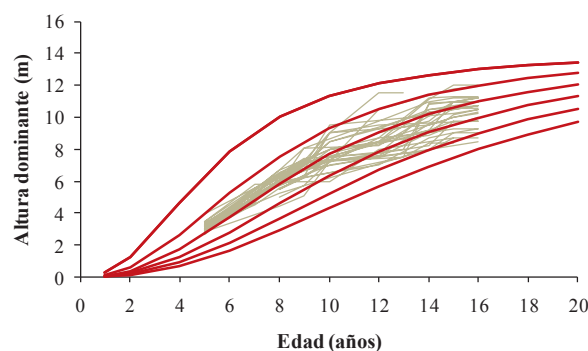


Figura 33. Altura de árboles dominantes *R. rospigliosii* para diferentes índices de sitio

Esta función puede ser utilizada para la estimación de la altura de dominantes a cualquier edad a partir de un índice de sitio, como se indica a continuación:

$$H_{dom} = \frac{14.033584727}{1 - \left(1 - \frac{14.033584727}{IS}\right) \left(\frac{Ec}{Edad}\right)^{2.33499982}}$$

o para calcular el índice de sitio de un rodal a partir de su edad y altura dominante.

$$IS = \frac{14.033584727}{1 - \left(1 - \frac{14.033584727}{H_{dom}}\right) \left(\frac{Edad}{Ec}\right)^{2.33499982}}$$

Función de mortalidad natural

Una función de mortalidad natural describe las posibles trayectorias descritas por un rodal donde sus árboles compiten entre sí por los recursos disponibles. En el estudio se ajustó la siguiente ecuación de mortalidad descrita por Palahí *et al.* (2002), donde se estima el número de árboles remanentes (N_2) después de un periodo de tiempo ($Edad_2 - Edad_1$) a partir del número de árboles iniciales (N_1) (figura 34).

$$N_2 = N_1 \cdot \exp[-0.021216279 \cdot (Edad_2 - Edad_1)]$$

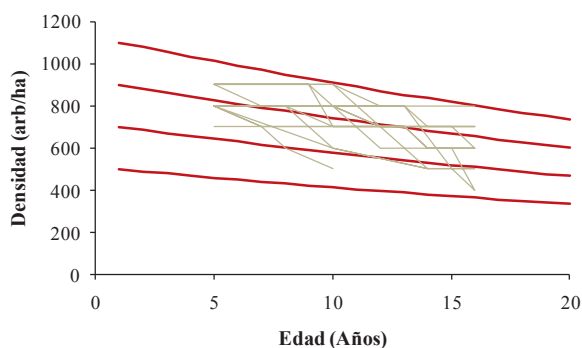


Figura 34. Líneas de mortalidad natural de rodales de *R. rospigliosii* para diferentes densidades iniciales.

Sistema de proyección de área basal

Un sistema de proyección de área basal se compone de dos ecuaciones ajustadas simultáneamente, la primera de ellas permite estimar el área basal (G_1) de un rodal en cualquier edad (E_1) a partir de su índice de sitio (IS) y su densidad (N_1); la segunda sirve para proyectar el área basal (G_2) desde una edad (E_1) hasta una edad (E_2) a partir de un área basal inicial (G_1), un índice de sitio (IS) y la densidad inicial (N_1) y final (N_2) del rodal (figura 35).

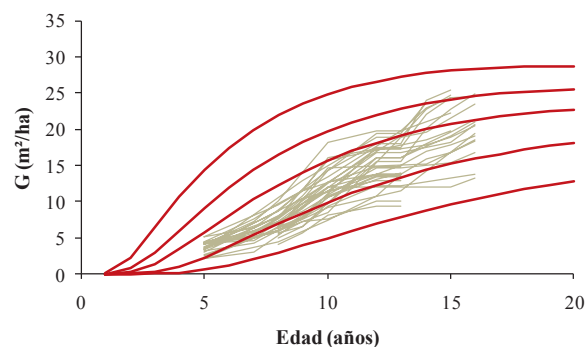


Figura 35. Trayectorias del área basal (G_2) de rodales de *R. rospigliosii* con distinta área basal inicial (G_1).

En el estudio se ajustó el sistema propuesto por Souter (1986), con la siguiente estructura matemática:

$$\ln G_1 = \frac{-10.55684 + -4.34855 \cdot E_1 + 0.07956 \cdot E_1 (IS) + 1.10550 \cdot E_1 \ln N_1}{E_1}$$

$$\ln G_2 = \ln G_1 \cdot \left(\frac{E_1}{E_2}\right) + -4.34855 \cdot \left(1 - \frac{E_1}{E_2}\right) + 0.07956 \cdot \left(1 - \frac{E_1}{E_2}\right) \cdot IS + 1.10550 \cdot \left(\ln N_2 - \left(\frac{E_1}{E_2}\right) \ln N_1\right)$$

Función de volumen total agregada

Para conocer el rendimiento de un rodal se requiere del ajuste de una función de volumen total agregada (m^3/ha), la cual relacione otras características como área basal (G), altura de dominante (H_{dom}) y densidad (N), ya que el volumen está estrechamente relacionado con estas. Para el estudio se empleó la ecuación utilizada por Palahí *et al.* (2002).

$$V_{sc} \left(\frac{m^3}{ha} \right) = 1.215996 \cdot G^{0.529850} \cdot H_{dom}^{0.123338} \cdot N^{0.366844}$$

La figura 36 muestra cómo la ecuación se acomoda para describir diferentes condiciones de rodal.

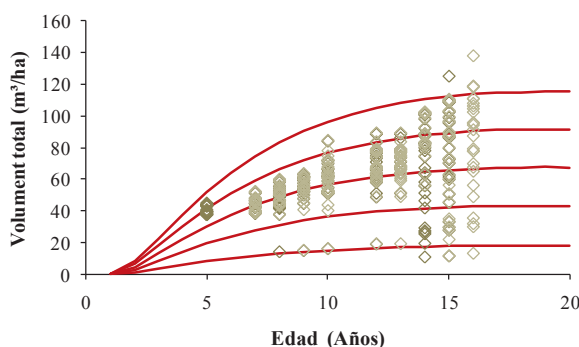


Figura 36. Rendimiento en volumen sin corteza (m^3/ha) de rodales de *R. rospigliosii* con distintas densidades de siembra (N)

Crecimiento en volumen

Usando el modelo de crecimiento y rendimiento expuesto anteriormente, se realizó una simulación del desarrollo de una plantación de *R. rospigliosii* plantada con 1.100 árb/ha en un índice de sitio de 12 metros. Como resultado se obtuvo que el máximo incremento medio anual (IMA) fue de 11.56 $m^3/ha/año$ obtenido al sexto año. Así mismo, el máximo incremento corriente anual (ICA) se obtuvo al cuarto año y alcanzó un valor de 16.81 $m^3/ha/año$. El punto de inflexión de la curva de IMA, marcado en la figura 37 como el punto de corte de las dos curvas, representa la máxima ocupación del sitio, a partir de esta edad el IMA de la plantación empieza a decrecer notablemente.

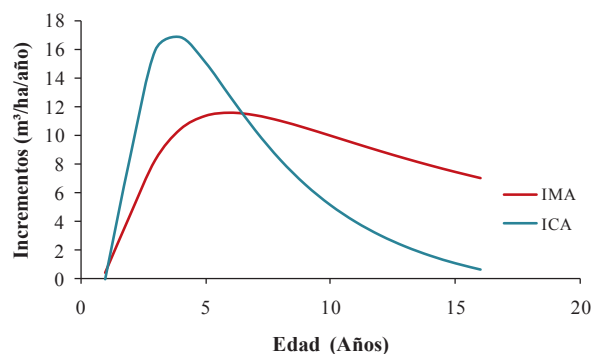


Figura 37. Curvas de Incremento Medio Anual (IMA) e Incremento Corriente Anual (ICA) para *R. rospigliosii* en un índice de sitio de 12 metros y una densidad inicial de 1.100 árboles/ha

Usos de la especie

Productos forestales maderables

R. rospigliosii posee una excelente madera que ha sido utilizada en ebanistería, carpintería de exteriores e interiores y para construcción; así mismo, es una posible fuente de pulpa para papel y madera para tableros aglomerados, chapas decorativas, molduras y contrachapados (JUNAC, 1981; Torres, 1988; Arévalo y Londoño, 2005; Vásquez y Alcántara 2009). Tiene un alto potencial para la producción de chapas y tableros aglomerados por su facilidad para el desenrollado, buena flexibilidad de la chapa, espesor uniforme y fácil secado (PREDESUR, 1979; Arévalo y Londoño, 2005). Tradicionalmente es usada para la elaboración de artesanías, piezas decorativas talladas o torneadas e instrumentos musicales debido a su trabajabilidad, belleza y durabilidad natural.

Vásquez y Alcántara (2009) determinaron una densidad básica promedio de 0,37 g/cm³ lo cual sugiere el posible uso de la madera a esta edad, para la fabricación de tableros aglomerados y utensilios como palillos mondadientes, cucharillas, depresores linguales, lápices, juguetes infantiles, pulpa y papel. La longitud media de las traqueidas de pino romerón (2.37mm) se clasifican como cortas; no obstante, estudios realizados con *Podocarpus brasiliensis* (de Paula et al., 2000, citados por Vásquez y Alcántara, 2009; Vásquez, 2010), permite suponer que esta madera puede ser utilizada para la producción de celulosa, sin embargo, no es recomendable, toda vez que existen otras especies de coníferas con mejores crecimientos y rendimientos para este fin (Marín, 1998; Vásquez y Alcántara, 2009; Vásquez, 2010).

En el taller de productos forestales del Colegio Integrado del Nororiente de Caldas (IES-CINOC), en el 2010 se realizó un ensayo sobre la trabajabilidad de la madera de pino romerón para la elaboración de muebles de interior, en particular mesas de noche. Para ello, se utilizó madera procedente de plantaciones de 14 años de edad establecidas en la granja agroforestal del IES-CINOC en Pensilvania, Caldas, de los cuales se aserraron fustes con forma semicónica, con un diámetro promedio de 25 cm y un largo de 1.9 m, utilizando un aserrío Wood-Mizer LT15 (figura 38). Los troncos que presentaron concavidades, y que con el aserrado a dos caras queradon expuestas, se utilizaron como madera rústica para exteriores (figura 39). Las plantaciones de esta especie comúnmente presentan árboles con concavidades en el fuste, imperfección que puede ser utilizada



Figura 38. Aserrado de fuste de *R. rospigliosii* en Pensilvania, Caldas



Figura 39. Fuste aserrado a dos caras, utilizado como madera rústica exterior para vitrinas o kioscos

como elemento de diseño por parte de diseñadores, arquitectos y artesanos para la elaboración de productos únicos. Por otra parte, las trozas que no presentaron concavidades fueron reaserradas para dimensionar piezas de madera, obteniéndose tablonados entre 13 y 15 cm de ancho, 2 cm de espesor y entre 1.5 a 1.9 m de largo.

El reaserrado de esta madera es relativamente fácil por ser liviana a medianamente dura, además presenta una densidad seca al aire de $0,68 \text{ g/cm}^3$ respondiendo muy bien a procesos de aserrado y labrado.

La madera dimensionada se secó al aire libre bajo unas condiciones de temperatura promedio de 19°C y una humedad relativa promedio del 85%, registrándose una velocidad de secado de moderada a rápida con una duración de 30 días, para piezas delgadas entre 2,5 cm y 5 cm de espesor por diferentes anchos disminuyendo la humedad inicial del 28% a una final del 12%. También, se realizaron procesos de secado al horno en donde se redujo la humedad inicial del 80% al 10% en 192 horas.

A las piezas de madera dimensionadas y secas se les realizó un maquinado consistente

en recortado inicial, planeado, delineado y regruessado, observándose que la madera opone poca resistencia al ataque de las herramientas de corte tanto en sentido transversal como longitudinal. Con la madera lista para trabajar se procedió a la elaboración de una mesa de centro interior, compuesta por cuatro patas, cuatro travesaños y un tablero alistonado, en donde inicialmente los tablonados fueron aserrados por lo largo para obtener listones con unas dimensiones de $6 \times 2,2 \text{ cm}$ como medida final, estos listones se aserraron inicialmente de $7 \times 2,5 \text{ cm}$ como unidad de tolerancia.

Después se realizó el delineado inicial de listones utilizando una sierra circular universal, proceso en el que la madera de pino romerón presentó ligeros movimientos por tensión, que no interfirieron en la dimensión final de las partes pues se contempló un factor de tolerancia; estas tensiones disminuyeron con el transcurso de los procesos de maquinado.

Los listones fueron planeados por una cara para garantizar una superficie limpia y plana. Al momento de maquinar la madera en la planeadora no fue necesario tener en cuenta la posición de las fibras dado que la velocidad y el filo de la herramienta la pulen bien.

Para el regruessado, los listones fueron sometidos al proceso de cepillado quedando todos de 2,2 cm de espesor; no fue necesario un perfecto cepillado, puesto que se consideró este proceso como un regruessado inicial.

Después se procedió a la rectificación de los cantos de los listones utilizando una sierra circular, proceso que tuvo como finalidad adecuar las piezas para recibir los pegantes, debido a que los cantos de la madera quedan con poros abiertos lo que permite una mejor penetración del pegante.

Seguidamente se encolaron los listones utilizando un pegante sintético para madera de secado rápido, viscosidad media y buena capacidad de adherencia en maderas con contenidos de humedad hasta del 18%, esto último adecuado para la madera de pino romerón, ya que su contenido de humedad al momento del ensamblaje era del 13%.

Después de encolados, los cantos fueron prensados formando un tablero, utilizando prensas manuales para madera, ejerciendo una presión moderada y constante.

Una vez el tablero estuvo armado se procedió a su regreusado, cepillando ambas caras en una máquina regreusadora con el fin de eliminar el pegante sobrante y alisar las superficies.

Finalmente, al tablero armado y pulido se le dieron las dimensiones finales de 45 cm de ancho y 65 cm de longitud, utilizando una sierra circular escuadradora.

Finalizada la construcción del tablero se procedió a la elaboración de las patas de la mesa, necesitándose cuatro piezas de 7 cm de ancho por 7 cm de espesor y 45 cm de largo, las cuales fueron escopladas las respectivas cajas para el ensamble del producto, en el que se hizo un barrenado utilizando un taladro de árbol, perforaciones que tenían como finalidad permitir la incrustación de la espiga de encaje. En esta operación la madera de pino romerón presentó excelente comportamiento.



Figura 40. Trabajabilidad de la madera de *R. rospigliosii*

Después, las piezas se tornearon con el fin de añadir elementos decorativos que realzaron el conjunto de la mesa. La madera de *R. rospiglosii* presentó un buen comportamiento al torneado entre puntos, en sentido longitudinal. Posteriormente, se procedió al armado de la mesa, se encolaron las piezas laterales y se ensamblaron a las patas torneadas, conformando la base de la mesa; por último, se instaló el tablero usando un sistema de tornillo, teniendo como producto final una mesa estética y de buen acabado.

Las vetas de esta madera presentan diferentes figuras tanto en cortes radiales como tangenciales, lo que permite usos decorativos en ebanistería, torneado y tallado, principalmente. Además presenta excelente comportamiento en sentido longitudinal, mientras que en sentido transversal la madera queda muy porosa, por lo tanto, podría utilizarse para la fabricación de molduras, aunque con un buen lijado también podría moldurarse transversalmente; esta madera presenta punteaduras pero no interfieren por su tamaño en la resistencia mecánica.

Productos forestales no maderables

Según Amaro-Luis y Carroz (1988, 1989) citados por Amaro-Luis *et al.* (2008) y Ortíz y Amaro Luis (2003) *R. rospiglosii* es una especie que presenta metabolitos secundarios de interés industrial y farmacológico extraídos de la corteza y las semillas, de los cuales han sido aisladas sustancias fitoquímicas como diterpenos fenólicos. Según Amaro-Luis *et al.* (2006, 2008) y Chaabi *et al.* (2007) de las hojas han sido aislados diterpenos y flavonoides, compuestos que pueden tener un alto potencial de uso en agricultura, química y medicina.

Por otra parte, los frutos contienen un aceite esencial con propiedades antibacterianas a

partir del cual se han identificado diferentes compuestos de los cuales, el limoneno y el pineno presentan la mayor eficacia antibacteriana (Quijano *et al.*, 2010).

Así mismo, en la industria floricultora esta especie tiene gran potencial en cuanto a la producción de follaje para la elaboración de bouquets (Gutiérrez *et al.*, 2007), no obstante, se debe avanzar en la investigación sobre este uso, evaluando el comportamiento del follaje al almacenamiento en frío y vida en florero.

Otros usos

El *R. rospiglosii* se utiliza como una especie ornamental en áreas urbanas y rurales, en avenidas, parques y proyectos paisajísticos, principalmente por su copa amplia de buen sombrío, su follaje verde lustroso y su forma.

De igual forma, se ha utilizado en conservación de suelos, control de erosión y protección de márgenes hídricos. En Colombia, el *R. rospiglosii* se ha implementado en programas de gestión integrada para el manejo del recurso hídrico en el cultivo del café, para ayudar a la estabilización del balance hídrico, la reducción de la erosión en microcuencas prioritarias y el enriquecimiento de bosques naturales (Centro Nacional de Investigaciones del Café-Cenicafé, 2011).

También, por la forma de su copa, su tronco recto y su abundante follaje que crece de forma estratificada, es una especie muy adecuada para el sombrío de cultivos agrícolas y especies arbustivas, siendo utilizada en sistemas agroforestales en Colombia con cultivos de alta importancia económica como el café y el cacao. En dichos sistemas su uso ha significado la diversificación de las alternativas para los productores por tratarse de una especie maderable fina de alto valor comercial.



Panorámica de un ejemplar de *Retrophyllum rospiglosii* en el parque Simón Bolívar en Pensilvania, Caldas



Literatura consultada

- Acevedo, M., Kikata Y. 1994. Atlas de maderas del Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina-Perú, Universidad de Nagoya-Japón. 202 p.
- Amaro-Luis, J.M., Amesty, A., Montealegre R., Bahsas A. 2006. Rospiglioside, a New Tetraterpene Diterpene from the Leaves of *Retrophyllum rospigliosii*. Journal of the Mexican Chemical Society 5(3):96-99.
- Amaro-Luis J.M., Amesty, A., Bahsas A., Montealegre R. 2008. Biflavones from the leaves of *Retrophyllum rospigliosii*. Biochemical Systematics and Ecology 36:235-237.
- Arends, E., Villaquirán, A., Calderón, O. 1991. Caracterización de la vegetación secundaria en un área talada de la selva nublada, Estado de Mérida. Forestal Venezolana 25-26 (35-36):15-22.
- Arévalo F.R., Londoño A.A. 2005. Manual para la identificación de maderas que se comercializan en el departamento del Tolima. Universidad del Tolima, Corporación Autónoma del Tolima-CORTOLIMA. 152 p.
- Barker, N.P., Muller, E.M., Mill, R.R. 2004. A yellowwood by any other name: molecular systematics and the taxonomy of Podocarpus and the Podocarpaceae in southern Africa. South African Journal of Science 100:629-632.
- Becerra, J.E. 1972. Hábitat, silvicultura y usos de algunas especies forestales importantes en la reforestación y la regeneración de los bosques naturales. Bogotá. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. 70 p.
- Becerra, A.J., Mena, J., Aqueveque, P., Alarcón, E.J., Bittner, B.M., Hernández, V., Hoeneisen, F.M., Ruíz, P.E., Silva, M. 2002. Antifungal and antibacterial activity of diterpenes isolated from wood extractables of Chilean podocarpaceae. Boletín de la Sociedad Chilena de Química 47(2): 151-157.
- Behling, H. 1996. First report on new evidence for the occurrence of Podocarpus and possible human presence at the mouth of the Amazon during the Late-glacial. Vegetation History and Archaeobotany 5:241-246.
- Brodribb, T.J. 2011. A Functional Analysis of Podocarp Ecology. En: Ecology of the Podocarpaceae in Tropical Forest. Smithsonian Contribution to Botany No.95. Smithsonian Institution Scholarly Press. The United States of America.
- Burdon, R.D., Kibblewhite, R.P., Walker, J.C., Megraw, R.A., Evans, R., Cown, D.J. 2004. Juvenile versus mature wood: a new concept, orthogonal to corewood versus outerwood, with special reference to

- Pinus radiata* and *P. taeda*. Canadian Journal of Forest Science 50:399-415.
- CAB International (2000). Forestry Compendium Global Module. CAB International, Wallingford, UK.
- Cárdenas, L. D., Salinas, R. N. (editores). 2006. Libro rojo de plantas de Colombia. Especies maderables amenazadas I parte. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial-Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas-SINCHI. Bogotá 169 p.
- Centro Nacional de Investigaciones del Café – CENICAFÉ. 2011. Construyendo el modelo para la gestión integrada del recurso hídrico en la caficultura colombiana. [En línea]. Bogotá. Disponible en internet: http://www.cenicafe.org/es/documents/PROPUESTA_P_A_CENICAFE_ABRIL13.pdf Consultado febrero 2013.
- Cernusak, L.A., Adie H., Bellingham, P.J., Biffin, E., Brodribb, T.J., Coomes, D.A., Dalling, J.W., Dickie I.A., Enright N.J., Kitayama K., Ladd P.G., Lambers H., Lawes, M.J., Lusk, C.H., Morley R.J., Turner B.L. 2011. Podocarpaceae in Tropical Forest: A Synthesis. En: Ecology of the Podocarpeceae in Tropical Forest. Smithsonian Contribution to Botany No.95. Smithsonian Institution Scholarly Press. The United States of America.
- Chaabi, M., Antheaume, C., Weniger, B., Justiniano H., Lugnier, C., Lobstein, A. 2007. Biflavones of *Decussocarpus rospigliosii* as phosphodiesterases inhibitors. Planta Médica 73 (12):1284–1286.
- Coomes, D.A., Bellingham, P.J. 2011. Temperate and Tropical Podocarps: How Ecologically Alike Are They?. En: Ecology of the Podocarpeceae in Tropical Forest. Smithsonian Contribution to Botany No.95. Smithsonian Institution Scholarly Press. The United States of America.
- Corporación Autónoma Regional de Caldas–CORPOCALDAS. 1996. Resolución 810 de agosto 26 de 1996. Por la cual se prohíbe el aprovechamiento de especies forestales y se dictan otras disposiciones.
- Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia–CORANTIOQUIA. 2000. Resolución 3183 de enero 26 de 2000. Prohíbe el aprovechamiento de especies forestales y se dictan otras disposiciones.
- Corporación Autónoma Regional para el Desarrollo Sostenible del Chocó–CODECHOCÓ. 1987. Resolución 2535 de septiembre 01 de 1987. Prohíbe el aprovechamiento de especies forestales en los municipios de Riosucio, Unguía y Acandí.
- Corporación Autónoma Regional del Tolima–CORTOLIMA. 1983. Acuerdo 10 de marzo 11 de 1983. Declara la veda permanente y total para especies forestales en el área de jurisdicción.
- Corporación Autónoma Regional de Risaralda–CARDER. 1997. Resolución 177 de abril 09 de 1997. Regula el uso y aprovechamiento de los bosques situados en el territorio de jurisdicción de la CARDER.
- Corporación para el Desarrollo Sostenible del Urabá–CORPOURABÁ. 1995. Resolución 076395 de agosto 04 de 1995. Prohíbe el aprovechamiento y declara la veda de especies forestales en el área de su jurisdicción.
- Dalling, W.J., Barkan, P., Bellingham, P.J., Healey, J.R., Tanner, J.V. 2011. Ecology and Distribution of Neotropical Podocarpaceae. En: Ecology of the Podocarpeceae in Tropical Forest. Smithsonian Contribution to Botany No.95. Smithsonian Institution Scholarly Press. The United States of America.
- Dick, I.A., Holdaway, R.J. 2011. Podocarp Roots, Mycorrhizas, and Nodules. En: Ecology of the Podocarpeceae in Tropical Forest. Smithsonian Contribution to Botany No.95. Smithsonian Institution Scholarly Press. The United States of America.
- Díez, G.M., Osorio, V.N., Moreno, H.F. 2008. Evaluación de la dependencia micorrizal del pino romerón (*Nageia rospigliosii* Pilger) bajo condiciones lumínicas contrastantes. Revista Facultad Nacional de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia 61(2):4554–4563.
- Duarte, A.P. 1973. Tentativa para explicar a ocorrência de duas espécies de *Podocarpus* no Brasil. Brasil Florestal 4 (13):53–66.
- Farjon, A. 1998. World Checklist and Bibliography of Conifers. Richmond, U.K. Royal Botanical Gardens, 298 p.
- Flewellling, J.W., De Jong R. 1994. Considerations in simultaneous curve fitting for repeated

- height-diameter measurements. Canadian Journal of Forest Research 24 (7):1408-1414.
- Fountain, D.W., Holdsworth, J.M., Outred, H.A. 1989. The dispersal unit of *Dacrycarpus dacrydioides* (A. Rich) de Laubenfels (Podocarpaceae) and the significance of the fleshy receptacle. Botanical Journal of the Linnean Society 99 (3):197-207.
- Gutiérrez, C., Guarín, S., Rodríguez, E. 2007. Prospección y evaluación de especies con potencial de follaje para la elaboración de bouquets. Agronomía Colombiana 25(1):176-188.
- Hernández, A. L., Niño N.P., Pacheco, M. J. 2005. Regeneración *in vitro* de plántulas de pino colombiano. En: pino y roble colombiano: aspectos biotecnológicos. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. 218 p.
- Hoyos, G.S., Rodríguez, R.N. 2005. Densidad estomática en hojas de *Retrophyllum rospigliosii* (Pilg.). Acta Biológica Colombiana (10):2.
- Instituto Nacional de Recursos Naturales de Colombia-INDERENA. 1974. Resolución 0316 de marzo 07 de 1974. Se establecen vedas para algunas especies forestales maderables. Colombia.
- Instituto Nacional de Recursos Naturales de Colombia-INDERENA. 1975. Resolución 1132 de septiembre 06 de 1975. Modifica la Resolución 0316 del 7 de marzo de 1974 sobre vedas para algunas especies forestales maderables.
- Junta del Acuerdo de Cartagena-JUNAC. 1983. Secado y preservación de 105 maderas del Grupo Andino. JUNAC PADT- REFORT. Perú 65 p.
- Junta del Acuerdo de Cartagena-JUNAC. 1981. Estudio integral de la madera para la construcción. Propiedades físicas y mecánicas de la madera de 104 especies del grupo andino. Perú. 53 p.
- Junta del Acuerdo de Cartagena-JUNAC. 1981b. Descripción general y anatómica de 105 maderas del grupo andino. Cali: Talleres Gráficos Carvajal S.A. 441 p.
- Junta del Acuerdo de Cartagena-JUNAC. 1981c. Tablas de propiedades físicas y mecánicas de 24 especies de Colombia. JUNAC PADT-REFORT. Perú. 53 p.
- Kelch, D.G. 1997. The phylogeny of the Podocarpaceae based on morphological evidence. Systematic Botany 22(1):113-131.
- Kelch, D.G. 1998. Phylogeny of Podocarpaceae: comparison of evidence from morphology and 18S rDNA. American Journal of Botany 85(7):986-996.
- Koide, R.T., Dickie, I.A., Goff, M.D. 1999. Phosphorus Deficiency, Plant Growth and the Phosphorus Efficiency Index. Functional. Ecology 13(5):733-736.
- Lamprecht, H. 1990. Silvicultura en los trópicos: los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas; posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, Eschborn. República Federal Alemana. 335 p.
- Lamprecht, H. 1954. Estudios silviculturales en los bosques del valle de La Mucuy, cerca de Mérida. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de los Andes, Mérida. 130 p.
- Lamprecht, H., Liscano, C. 1957. Estudios sobre la germinación del *Podocarpus rospigliosii* Pilger y su desarrollo en la juventud. Venezuela. Boletín IFLAIC-Instituto Forestal Latinoamericano de Investigación y Capacitación. (2):43-72.
- Larson, P.R., Kretschmann, D.E., Clark, A.III., Isebrands, J.G. 2001. Formation and properties of juvenile wood in southern pines: a synopsis. Gen.Tech.rep. FPL-GTR-129. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture. Forest Service. Forest Products Laboratory. 42 p.
- Leverenz, J.W., Whitehead, D., Stewart, G. H. 2000. Quantitative Analysis of Shade-Shoot Architecture of Conifers Native to New Zealand. Trees 15:42-49.
- León, H.W., Espinoza de P.N. 1997. Trabéculas en *Decussocarpus rospigliosii* (Podocarpaceae). Revista Forestal Venezolana 41(2):105-108.
- Mahecha, G., Ovalle, A., Camelo, D., Roza, A., Barrero D. 2004. Vegetación del territorio CAR, 450 especies de sus llanuras y montañas. Colombia. 871 p.
- Marín, A. 1998. Ecología y silvicultura de las Podocarpaceas Andinas de Colombia. Smurfit Cartón de Colombia. Bogotá. 143 p.
- McDill, M.E., Amateis, R.L. 1992. Measuring Forest Site Quality Using the Parameters of a Dimensionally Compatible Height Growth Function. Forest Science 38(2):409-429.

- Missouri Botanical Garden. 2011. [En línea]. Disponible en internet: <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APWeb/orders/conifers.html#Podocarpaceae>. Consultado: junio de 2011.
- Mozo, M.T. 1972. Algunas especies aptas para la reforestación en Colombia. Editorial ABC. 297 p.
- Ortíz, P., Amaro-Luis, J.M. 2003. Aislamiento y caracterización de diterpenos fenólicos presentes en las semillas de *Retrophyllum rospigliosii*. Tesis. Universidad de los Andes. Facultad de Ciencias. Departamento de Química. Laboratorio de Productos Naturales.
- Pacheco, M.J., Rodríguez, R. 1993. Cultivo *in vitro* de cotiledones de *Pinus nigra*: inducción caulogénica y establecimiento de cadenas proliferativas. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Ciencia en Desarrollo 1(1):39–49.
- Page, C.N. 1989. New and maintained genera in the conifer families Podocarpaceae and Pinaceae. Revista: Notes of the Royal Botanical Garden Edinburgh 45(2):377–395.
- Palahí, M., Miina, J., Tomé, M., Montero, G. 2002. Stand-level yield model for Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in north-east Spain. Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales 11(2):409–424.
- Programa Regional para el Desarrollo del Sur de Ecuador-PREDESUR. 1979. Estudio tecnológico de propiedades y usos de 64 especies maderables del sur ecuatoriano. Publicación No.94.
- Quinn, C.J., Price, R.A. 2003. Phylogeny of the Southern Hemisphere Conifers. Acta Horticulturae 615: IV International Conifer Conference 129–136.
- Quijano, C.C., Gaviria, M., Vanegas, L.C., Ontiveros, I., Echeverry, L., Morales, G., Pione, J.A. 2010. Chemical composition and antibacterial activity of the essential oil of *Retrophyllum rospigliosii* fruits from Colombia. Natural Product Communications 5(7):1133–1134.
- Rodríguez, R.J., Peña, S.J. 1984. Flora de los Andes: cien especies del altiplano cundiboyacense. Corporación Autónoma Regional de las cuencas de los ríos Bogotá, Ubaté y Suárez (CAR). Bogotá. 247 p.
- Schaefer, C. 1990. Storage and germination of seeds of *Podocarpus milanjianus*. Technical Note, Kenya Forestry Research Institute (11):14 p.
- Sinclair, W.T., Mill, R.R., Gardner, M.F., Woltz, P., Jaffré, T., Preston, J., Hollingsworth, M.L., Ponge, A., Möller, M. 2002. Evolutionary relationships of the New Caledonian heterotrophic conifer, *Parasitaxus usta* (Podocarpaceae), inferred from chloroplast trnL-F intron/spacer and nuclear DNA ITS2 sequences. Plant Systematics and Evolution 233:79–104.
- Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia (SIB). 2010. [En línea]. Disponible en internet: <http://www.siac.net.co/sib/catalogoespecies/especie.do?idBuscar=1397&method=displayAAT>. Consultado en septiembre de 2010.
- Sistema de Información Geográfica–Plan de Acción Forestal para Colombia. SIG–PAFC. 1997. Revista Informativa del Proyecto 4(14).
- Smith, S.E., Read D.J. 2008. Mycorrhizal Symbiosis. 3a ed. Academic Press, San Diego C.A.
- St John, T.V. 1980. Root Size, Root Hairs, and Mycorrhizal Infection: A Re-Examination of Baylis's Hypotheses with Tropical Trees. New Phytologist 84:483–487.
- Sommer, H.E., Brown, C.L., Kormanik, P.P. 1975. Differentiation of plantlets in longleaf pine (*Pinus pelustris* Mili). Tissue cultured *in vitro*. Botanical Gazette 136(2):196–200.
- Souter R.A. 1986. Dynamic stand structure in thinned stands of naturally-regenerated loblolly pine in the Georgia Piedmont. PhD. Thesis. University of Georgia. 332 p.
- Spurr, S.H. 1952. Forest Inventory, Ronald Press Co. 476 p.
- Torres R.J. 1988. Podocarpaceae. Monografía No.5. Flora de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales. Museo de Historia Natural. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia. 75 p.
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza-UICN. 2010. List of Threatened Species. Versión 2010.3. [En línea]. Disponible en internet: <http://www.iucnredlist.org>. Consultado en septiembre de 2010.
- van der Hammen, T., Hooghiemstra, H. 2000. Neogene and Quaternary history of vegetation, climate, and plant diversity in Amazonia. Quaternary Science Reviews 19 (8):725–742.

- van Royen, P. 1979. The Alpine Flora of New Guinea. Cramer-Verlag, Lehre, Germany.
- Vásquez, C.A. 2010. Anatomía de la madera de podocarpáceas colombianas. Tesis doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes. Universidad de Córdoba. 130 p.
- Vásquez C.A., Alcántara V.E. 2009. Anatomía y densidad de la madera de árboles de pino romerón [*Retrophyllum rospigliosii* (Pilger) C.N. Page] de ocho años de edad. Medellín, Colombia. Revista Facultad Nacional de Agronomía 62(1):4869–4880.
- Veillon, J.P. 1962. Coníferas autóctonas de Venezuela, los Podocarpus: con especial énfasis sobre las podocarpáceas de la región central del estado Mérida, Venezuela. Universidad de los Andes, Facultad de Ciencias Forestales. 156 p.
- Yaguana, C., Lozano, D., Neill D.A., Asanza M. 2012. Revista Amazónica: Ciencia y Tecnología 1(3):226-247.
- Zenteno, R.F. 2007. *Retrophyllum rospigliosii* (Podocarpaceae), un nuevo registro de pino de monte, en el noroeste de Bolivia. Kempffiana 3(2):3-5.
- Zevallos, P.P. 1988. Estudio dendrológico de las podocarpáceas y otras especies forestales de Jaén y San Ignacio. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima (Perú). Facultad de Ciencias Forestales. 71 p.
- Zobel, B.J., van Buijtenen, J.P. 1989. Wood variation: Its causes and control. Berlín, Springer-Verlag. 418 p.



CONIF®
Avenida Circunvalar 16-20
(detrás del Instituto Roosevelt)
Bogotá D.C., Colombia
Teléfono: (57 1) 3417000

www.conif.org.co